

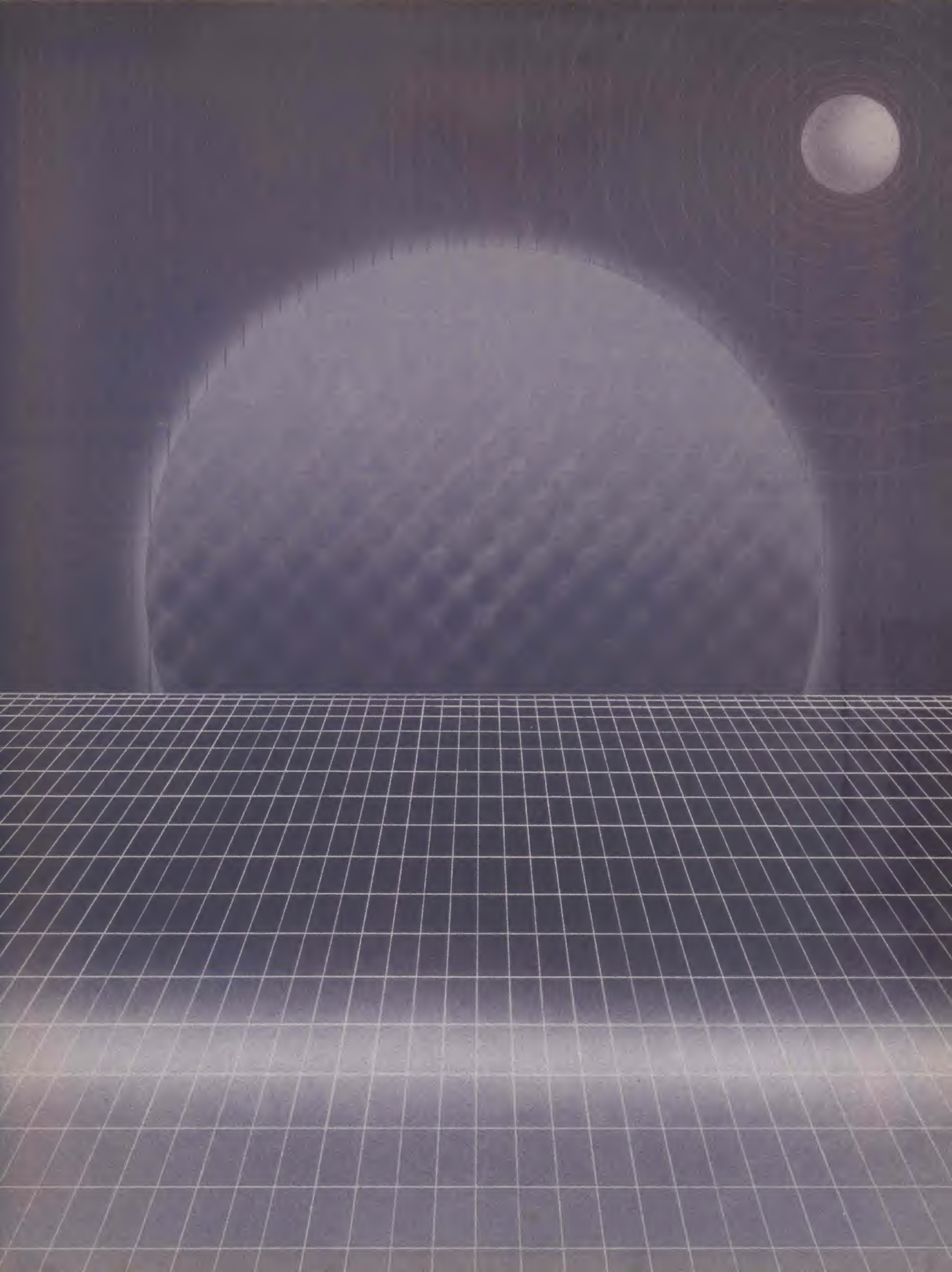
Ciencia y Técnica



14

MANCOSTO?
HOTELWIA
INDICE

SALVAT



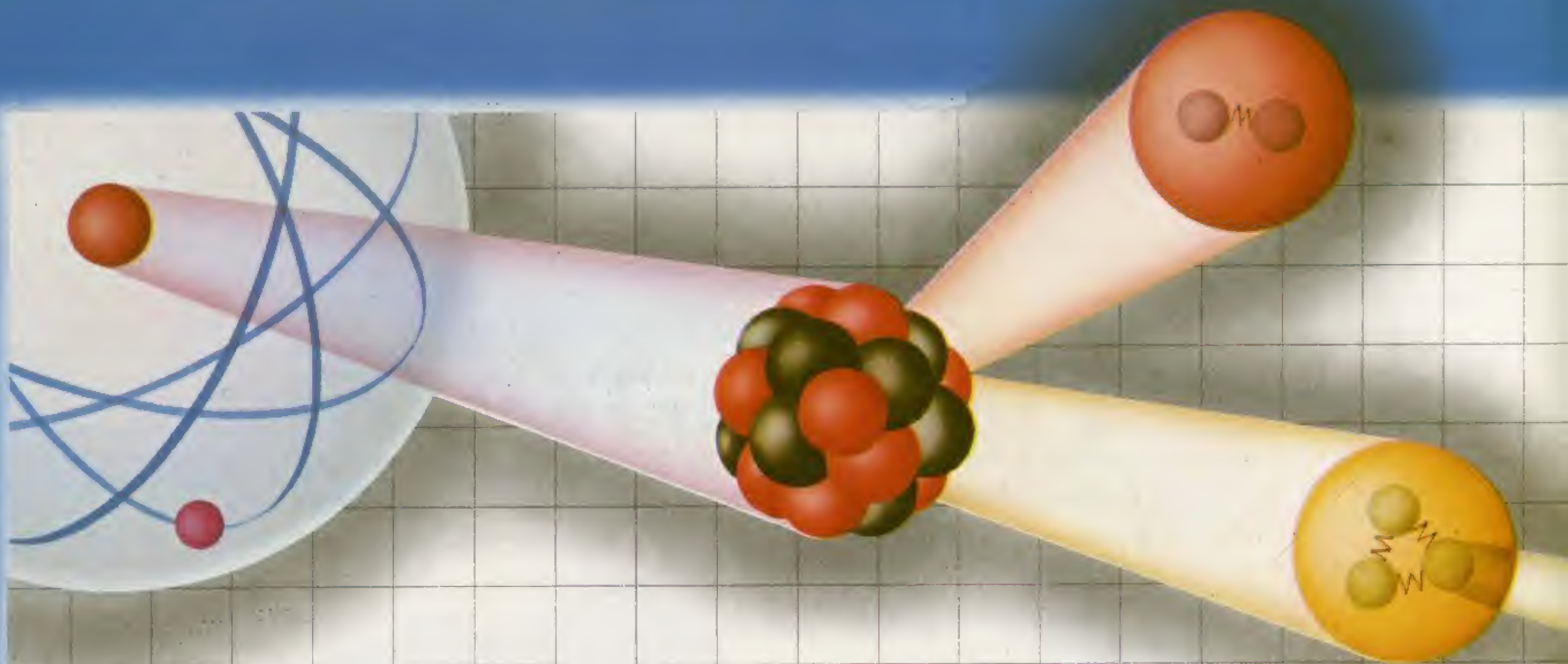
EXLIBRIS Scan Digit



The Doctor

ENCICLOPEDIA SALVAT DE

Ciencia y Técnica



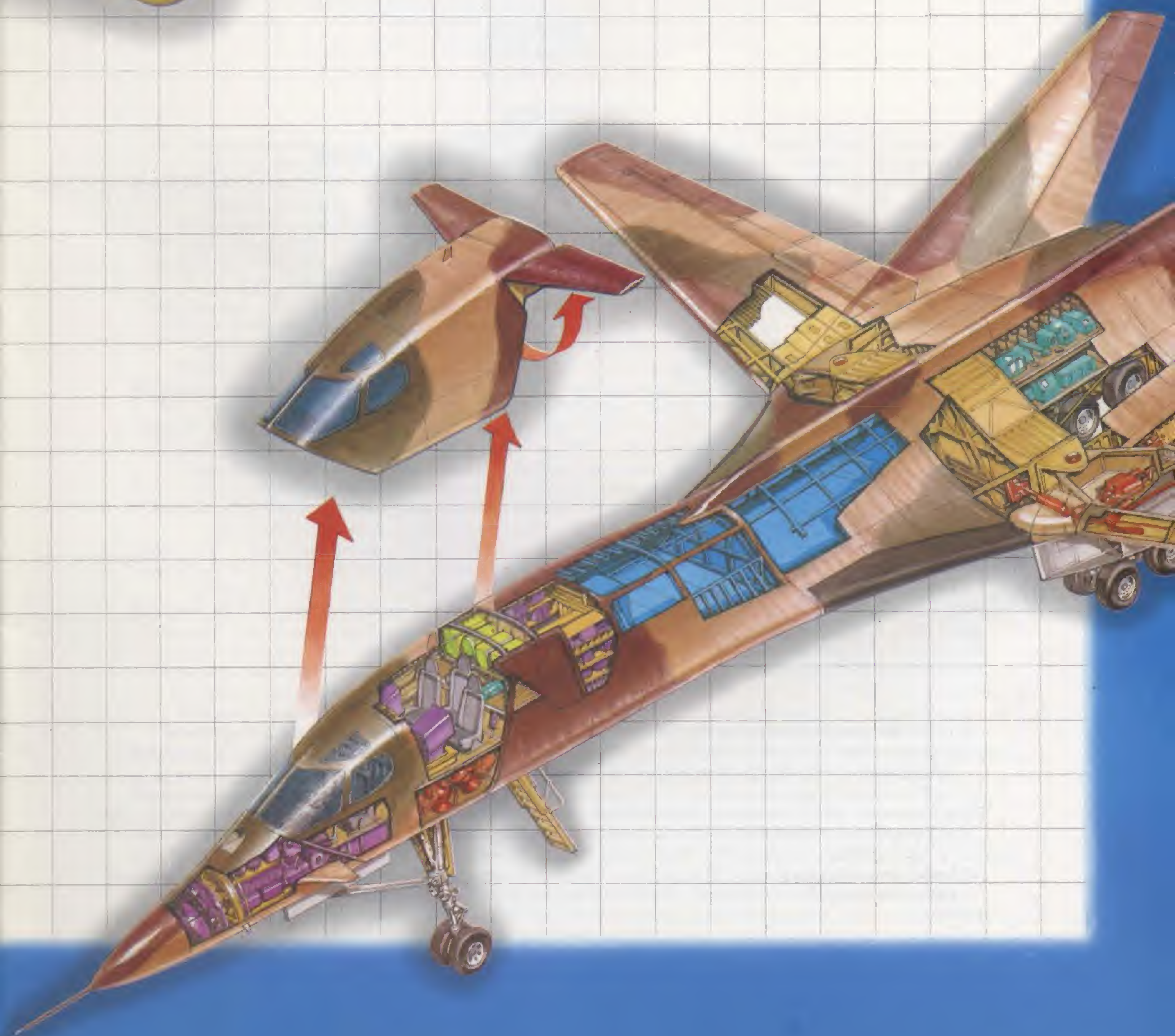
Publicado por
SALVAT EDITORES, S.A.
Mallorca, 47, 08029 Barcelona, España

© Salvat Editores, S.A. 1988
© Gruppo Editoriale Fabbri

Impresión:
Gráficas Estella, S.A.
Estella, Navarra, 1988
Depósito Legal: NA. 125 - 1984
ISBN 84-345-4490-3 (Obra completa)
ISBN 84-345-4502-0 (Volumen 12)
Printed in Spain

ENCICLOPEDIA SALVAT DE

Ciencia y Técnica



Director
Juan Salvat

Director de la obra:
Jesús Campos

Secretaría de redacción
Concepción Camarero

Director artístico
Francesc Espluga

Redacción
María Teresa M. Faraldo

Producción
Leonor Murillo

Prólogo
Pedro Laín Entralgo,
Presidente de la Real Academia Española de la Lengua



Redacción Edición Internacional

Christian Angermann – Donald Antrim – Timothy Bay – Trudy Bell – Shelley Berc – David Black –
Diane Blanchard – Bonnie Borenstein – Judith Brister – Jean Brody – Serena Cha – Robert Crease – Peter
Cunningham – Dr. Rhodes Fairbridge – Marguerite Feitlwitz – Corinna Gardner – Barbara George –
Ellen Goldensohn – Jean Grasso – Fitz Patrick – Peter Gyallay-Pap – Steve Hall – James Harris –
Doug Henwood – David Herndon – Paul Hoeffel – Andrea Kantor – Jonathan Katz – Jim Keegan – Philippa Keil
– Percy Knauth – Bary Koffler – Barbara Kopit – Paulette Licitra – Becky London – Deborah Lumpee –
Charles Mann – Robert MacVicar – Dale McAdoo – Fred Nadis – Joy Nager – Peter Oberlink –
Robert Salter – Sandra Sharp – George Shea – Howard Smith – Zev Trachtenberg – Vieri Tucci – Edit Emili
Villareal – Veronica Visser – Graham Yost – Sasha Zeif

Colaboradores científicos de este volumen edición española:

Manuel Abejón, *Universidad Politécnica de Madrid*
Pablo Artal, *Instituto «Daza de Valdés» del C.S.I.C.*
Alberto Brito, *Universidad de La Laguna*
Javier Cacho, *Comisión Nacional de Investigación del Espacio*
Mercedes Campos, *Universidad de La Laguna*
César Casquet, *Universidad Complutense*
Victor Casquet, *Licenciado en Astrofísica*
Juan José Díez, *Universidad Complutense*
Sebastián Dormido, *Universidad Nacional de Educación a Distancia*
Isabel Espinel, *Licenciada en Ciencias Biológicas*
Manuel Gil, *Comisión Nacional de Investigación del Espacio*
Ildelfonso Irún, *Licenciado en Ciencias Físicas*
José M. López Piñero, *Universidad de Valencia*
Pedro L. Martín, *Ingeniero de Caminos*
Juan Ramón Medina, *Universidad de Sevilla*
Ignacio Meléndez, *Universidad Complutense*
Francisco Montero de Espinosa, *Instituto «L. Torres Quevedo» del C.S.I.C.*
José Morán, *Universidad Politécnica de Madrid*
Germiniano Ontañón, *Licenciado en Ciencias Químicas*
Gerardo Pastor, *Instituto «L. Torres Quevedo» del C.S.I.C.*
Francisco J. Quiles, *Médico*
Germán Rodríguez Corral, *Instituto «L. Torres Quevedo» del C.S.I.C.*
M.^a Jesús Sainz de Aja, *Comisión Nacional de Investigación del Espacio*
Rafael Sanjurjo, *Universidad Politécnica de Madrid*
Magna Santos, *Instituto «Daza de Valdés» del C.S.I.C.*
Pedro T. Sanz, *Instituto «L. Torres Quevedo» del C.S.I.C.*
Eduardo Zamarripa, *Piloto*

Consejo de Redacción

Dr. Andrew Abrahams - *Bedford Stuyvescent Hospital, N. Y.* — Nancy Akre - *Cooper-Hewitt Museum, N. Y.*
— Dr. Neil Baggett - *Brookhaven National Laboratory, N. Y.* — Dr. Thomas J. Barnard - *Columbia Presbyterian Hospital, N. Y.* — William Bates - *Computer consultant, N. Y.* — Terry Belanger - *Columbia University, N. Y.* — Roberto Brambilla - *Institute for Environmental Action, N. Y.* — Oscar A. Campa - *American Institute of Aeronautics and Astronautics, N. Y.* — Dr. A.L. Carsten - *Brookhaven National Laboratory, N. Y.* — Dr. Lars Cederqvist - *Gynecologist, N. Y.* — Carroll Cline - *Lighting consultant, N. Y.* — Dr. Paul Comer - *Anaesthesiologist, Montana* — John Dalton - *Modelworks, Inc, N. Y.* — David Devaleria - *Columbia University, N. Y.* — Ken Distler - *Ademco, Long Island, N. Y.* — Dr. Janice Dodds - *Columbia University, N. Y.* — David Dooling - *Huntsville Times, Huntsville, Alabama* — Lt. Robert Donovan - *U.S. Navy, N. Y.* — Prof. Patricia Dudley - *Barnard College, N. Y.* — Dr. Rene Eastin - *Long Island University, N. Y.* — Prof. Rhodes Fairbridge - *Columbia University, N. Y.* — Dr. Gerald Feinberg - *Columbia University, N. Y.* — Robert Feitlowitz - *Textiles consultant, N. Y.* — Leonard Feldman - *Leonard Feldman Electronic Lab, N. Y.* — John Fitch - *Automobile consultant, N. Y.* — Dr. Richard Fitzpatrick - *Bell Laboratories, N. Y.* — Dr. Robert Fried - *Psychiatrist, N. Y.* — Sara Friedman - *Author, N. Y.* — Dr. Michael Garvey - *Animal Medical Center, N. Y.* — Prof. Allan Gilbert - *Columbia University, N. Y.* — Dr. John Gmeiner - *Nebraska Psychiatric Institute, Nebraska* — Eugene Grisanti - *International Flavors and Fragrances Inc, N. Y.* — Annabelle Harris - *International Paper, N. Y.* — Kevin Hayes - *Typesetter, N. Y.* — Norman Hollyn - *Film editor, N. Y.* — Dr. Jonathan House - *Doctor, N. Y.* — Dr. Elizabeth Kellner - *Nutritionist, N. Y.* — Prof. Ellis Kolchin - *Columbia University, N. Y.* — Prof. Martin Kramer - *City College of New York, N. Y.* — T. Kuroiwa - *Japan Smoking Articles Corporated Assoc., Tokyo* — Prof. Charles Larmore - *Columbia University, N. Y.* — Dr. Warren Levin - *World Health Medical Grova, N. Y.* — Janet Loughridge - *American Health Foundation, N. Y.* — Dr. William Love - *Brookhaven National Laboratory, N. Y.* — Dr. John Maisey - *American Museum of Natural History, N. Y.* — Alan Macher - *Information Systems Group, N. Y.* — Dr. James Macpherson - *Engineering consultant, Virginia* — Eli Martin - *Architect, N. Y.* — Derrick McDowell - *Science consultant, N. Y.* — Elvin McDonald - *Author, N. Y.* — Dr. Kenneth Meisler - *Preventive and Sports Medical Center, N. Y.* — Jim Marchese - *Photographer, N. Y.* — Dr. Judith Molnar - *Biologist, N. Y.* — Dr. Peri Namerov - *Center for Population and Family Health, N. Y.* — Lt. Joseph Nimmich - *U.S. Coast Guard, N. Y.* — Dr. Ruth Nussenzweig - *NYU Medical Center, N. Y.* — Dom Perciballi - *Emergency medical technician, N. Y.* — Felix Peruggi - *Fireworks by Grucci, N. Y.* — Alice Petropoulos - *National Council on Alcoholism, N. Y.* — Prof. James Polshek - *Columbia University, N. Y.* — David Pope - *Editor consultant, Connecticut* — Walter Reed - *National Automatic Merchandising Association, Illinois* — Dr. Ronald Rieder - *Psychiatrist, N. Y.* — Robert Robertson - *Oceaneering, Inc, Texas* — James Rosenthal - *Magnet Paint and Varnish, N. Y.* — Joe Scherer - *Cinema Interface, N. Y.* — Dr. Ralph Shutt - *Brookhaven National Laboratory, N. Y.* — Prof. Philip Smith - *Columbia University, N. Y.* — Betty Sprigg - *Pentagon, Washington, D. C.* — Timothy Steinhoff - *Gardening consultant, N. Y.* — D. William Strohmeier - *Ad Astra Communications, Connecticut* — Dr. Joseph Thach - *Pentagon, Washington, D. C.* — Peter Tischbein - *U.S. Army Corps of Engineers, N. Y.* — Joe Trammell - *NAVASYNC Sound, N. Y.* — Debbie Triantaphyllou - *MITER Inc.* — K.C. Tung - *American Institute of Aeronautics and Astronautics, N. Y.* — Prof. David Tyler - *Columbia University, N. Y.* — James Walkup - *New School for Social Research, N. Y.* — Walter Washko - *University of Connecticut, Connecticut* — Aura Weinstein - *American Institute of Aeronautics and Astronautics, N. Y.* — Lilian Yung - *Columbia University, N. Y.* —

Transistor

La invención del transistor ha constituido el punto de partida de la revolución electrónica, que ha hecho posible, entre otras cosas, la realización de los viajes espaciales y el desarrollo y perfeccionamiento de los ordenadores. Ha transformado completamente el concepto de la guerra, haciendo posible la invención de nuevas armas de alto poder destructivo y de sofisticada tecnología; ha permitido reducir notoriamente el tamaño de los ordenadores electrónicos, que han pasado de tener unas dimensiones gigantescas a convertirse en esos aparatos portátiles de uso cotidiano que están revolucionando el mundo de la ciencia, los negocios, la información y las comunicaciones; además, ha permitido la creación de una gran cantidad de nuevos aparatos, desde el marcapasos cardíaco al magnetófono portátil de casete.

Los semiconductores Los transistores funcionan sobre la base de ciertas propie-

en el que los átomos de los elementos dopantes ceden electrones fácilmente, o a un semiconductor de tipo *p* (positivo), en el que los átomos de las sustancias dopantes generan espacios vacíos móviles, o huecos, donde los electrones pueden colocarse fácilmente a su paso por el semiconductor. Los dos tipos distintos de dopado, *p* y *n*, hacen más fácil, por diversos mecanismos, el paso de la electricidad a través del material.

Uniones entre semiconductores Cuando se realiza una unión entre un semiconductor de tipo *p* y otro de tipo *n*, con un dopado selectivo de las zonas adyacentes, el movimiento de las cargas eléctricas se realiza bajo unas condiciones determinadas. En la zona de la unión se crea una barrera de potencial eléctrico que permite que los electrones la atraviesen fácilmente en un sentido y con mucha dificultad en el sentido contrario. Un dispositivo que permite el paso de corriente en un

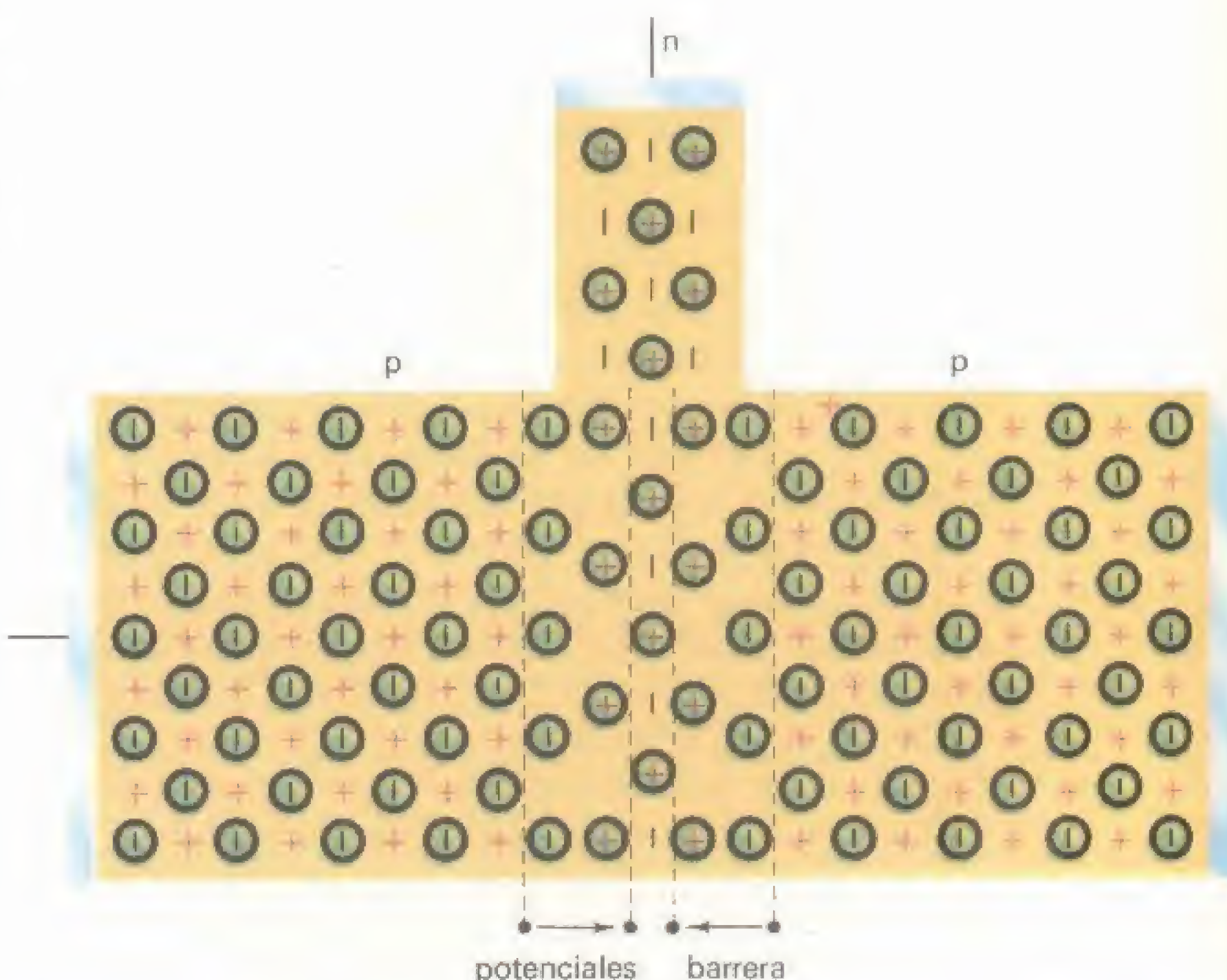
solo sentido se llama *diodo* (de dielectrodo). Un diodo formado por una pareja de semiconductores de distinto tipo (que forman, como ya se ha dicho, una unión *p-n*), toma el nombre de *diodo de unión*.

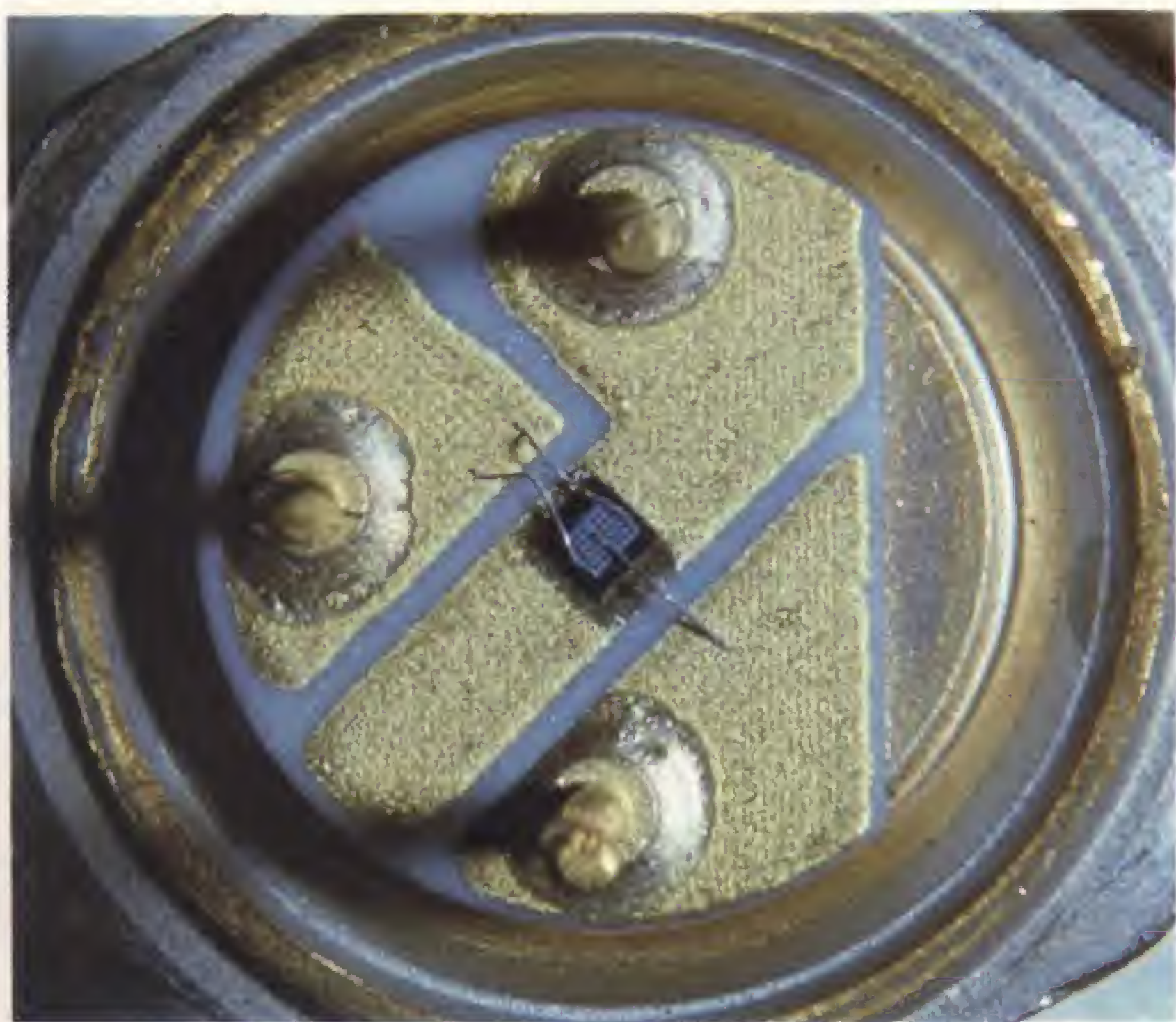
El transistor se obtiene añadiendo a una unión *p-n* una tercera capa de semiconductor, es decir, formando un trío de unión. Una capa fina de semiconductor de tipo *p* (o de tipo *n*) se puede intercalar entre dos capas de tipo *n* (o de tipo *p*), respectivamente. En el primer caso se obtiene un dispositivo *p-n-p*, y en el segundo, un *n-p-n*. Cuando este dispositivo se conecta a un generador de tensión, la corriente eléctrica circula desde uno de los terminales (llamado *emisor*) hacia el otro (llamado *colector*), atravesando la capa intermedia (*base*). Esta última capa opone una resistencia al paso de la corriente entre las uniones que depende de las cargas eléctricas que haya en su interior. De esta forma se puede controlar, mediante una pequeña tensión emisor-base, una co-

Bajo estas líneas, esquema de una unión *p-n-p* para ilustrar los fenómenos que ocurren a nivel atómico. A la izquierda, las tres zonas en contacto. A la derecha, los electrones

se han movido para compensar la existencia de huecos. Los electrones quedan libres en la zona *n* del centro, donde la conducción se debe a los electrones. En cambio, a los dos lados, la conducción es por huecos: en las uniones *n-p* y *p-n*, los electrones tienen tendencia a emigrar hacia las zonas *p* y en la unión forman barreras de potencial que impiden que continúe la conducción. El funcionamiento del transistor sólo se puede conseguir alterando este estado. A la derecha, interior de un transistor de gran potencia. El zig-zag aumenta la superficie de la unión.

dades que posee un tipo de materiales conocidos con el nombre de *semiconductores*. Estos, entre los que se encuentran elementos como el silicio y el germanio, son materiales que no presentan buenas características de conductividad eléctrica ni, tampoco, buenas características de aislamiento (un buen conductor es un material por el que pueden circular fácilmente los electrones). En general la conductividad de los semiconductores depende de varios factores, incluida la naturaleza y la cantidad de impurezas contenidas en el material. En efecto, la existencia de estas últimas es fundamental, ya que de ellas dependen las propiedades que hacen que los semiconductores sean tan útiles en los circuitos electrónicos. El proceso de contaminación artificial y controlada de los materiales semiconductores recibe el nombre de *dopado*. Un semiconductor se puede dopar de dos formas, dando origen a un semiconductor de tipo *n* (negativo),



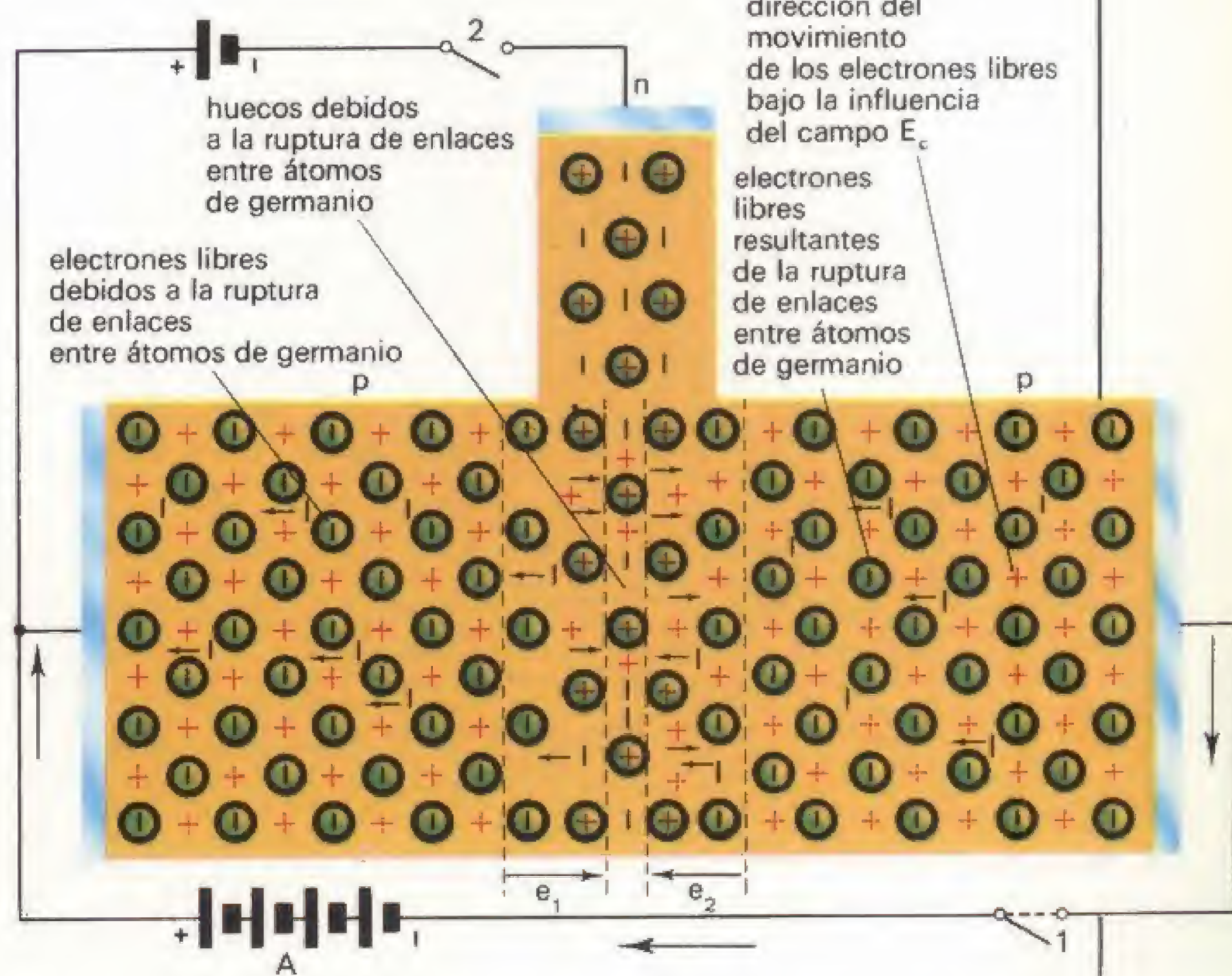
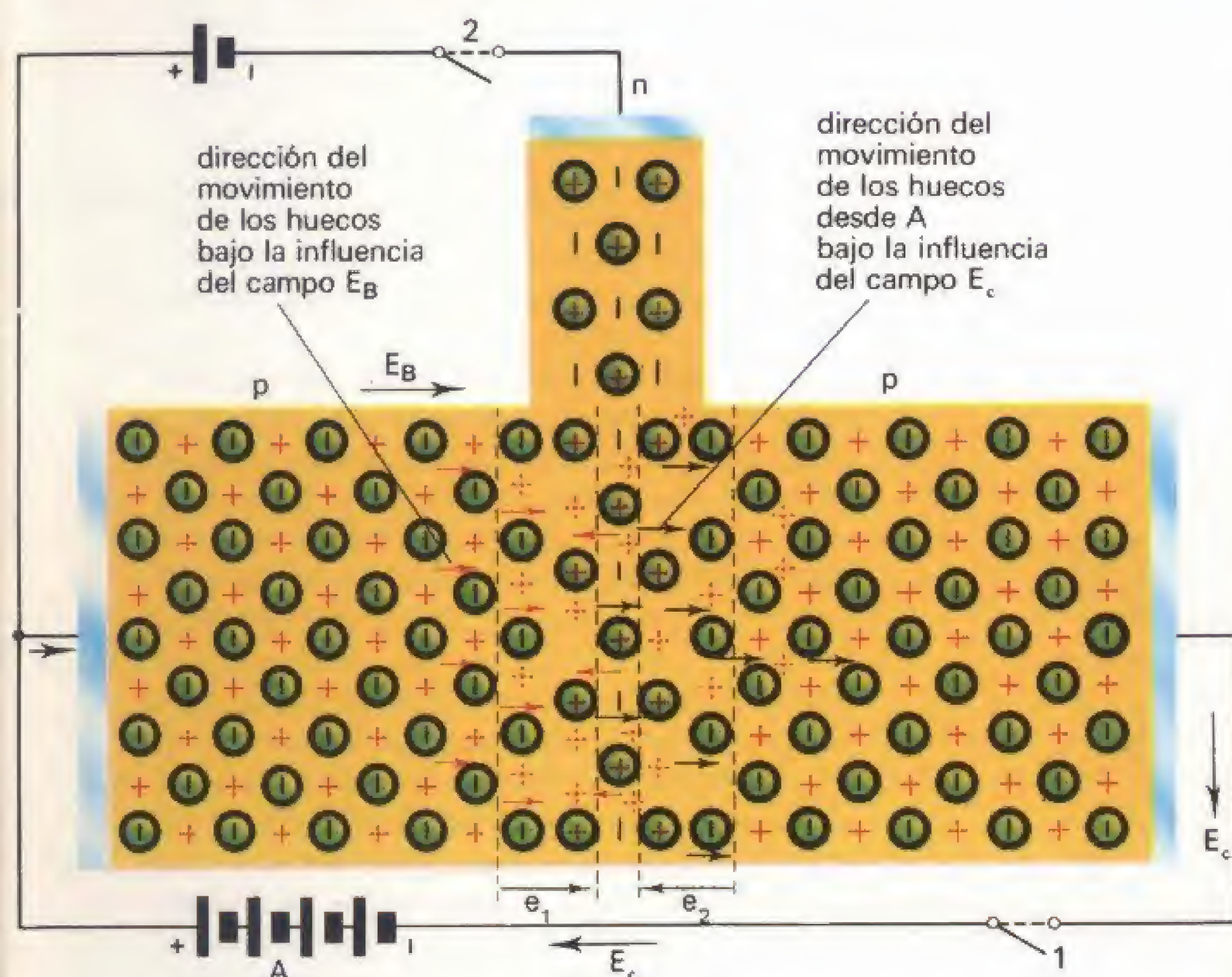


Sobre estas líneas y a la izquierda, interior de un transistor de potencia. El transistor es la plaquita del centro, que está soldada a la base. Esta, a su vez, se encuentra dentro de una gruesa cápsula



metálica, cuya función es disipar el calor generado durante el funcionamiento. Abajo, la barrera p-n-p cuando se polariza: si se cierra el interruptor 1, se refuerza la barrera e_2 . Si se cierra además el interruptor 2,

se debilita la barrera e_1 , y, por el circuito de la derecha circula la corriente. A la derecha se puede ver que este tipo de circuito hace que aumente la corriente cuando se produce un incremento de temperatura.



riente de colector, de mayor intensidad. Dicho de otra forma, se obtiene una transferencia de cargas eléctricas a través de una barrera que opone una resistencia variable al paso de dichas cargas. Este dispositivo recibe el nombre de *transistor* (de *transfer-resistor*)

Aplicaciones de los transistores En todos los sistemas de comunicación, la información a transmitir debe ser convertida, previamente, en una señal eléctrica cuya posterior transducción reproduzca, de alguna manera, la información transmitida. Por ejemplo, en las emisoras de radio, el impulso sonoro se convierte primero en señal eléctrica y después en una señal de radiofrecuencia (de frecuencia más alta). El aparato receptor vuelve a convertir esta señal de radiofrecuencia en una señal de baja frecuencia y, posteriormente, en sonido. La señal, a lo largo de estas conversiones, debe ser amplificada repe-

tidas veces y los dispositivos capaces de realizarlo son la válvula electrónica y el transistor. Dicho de manera esquemática, la señal eléctrica que se tiene que amplificar se aplica a la capa intermedia —base— del transistor, de forma que el flujo de corriente entre emisor y colector venga modulado por las variaciones de intensidad de la señal aplicada en la base. Como ya se ha dicho, pequeñas variaciones de la intensidad de la señal de base pueden producir una corriente de intensidad mucho mayor entre emisor y colector con las mismas variaciones, con lo que se obtiene una señal igual que la introducida pero amplificada. Fueron los laboratorios Bell los que anunciaron la invención del transistor, que ha demostrado poder sustituir ventajosamente (tanto desde el punto de vista económico como práctico) a las válvulas de vacío, que se habían utilizado hasta entonces para realizar la misma función. Además, los transistores no

necesitan un período de precalentamiento, duran más tiempo y pueden reducirse increíblemente de tamaño. También se puede montar en un único circuito integrado, o *chip*, un gran número de transistores con sus respectivas conexiones eléctricas. Estos circuitos integrados pueden reunir una enorme cantidad de transistores y otros componentes electrónicos en un espacio menor que el ocupado por una letra de esta página. La posibilidad de concentrar en espacios tan reducidos sistemas capaces de realizar funciones complejas está revolucionando la comunicación, la industria, la estrategia militar y otros muchos campos. Se puede decir que las consecuencias de la introducción de los transistores, en cuanto a cambios espectaculares se refiere, están sólo en sus comienzos.

Véase Circuito integrado; Diodo; Semiconductor

Transmisión hidráulica

En un autovehículo, la potencia generada por el motor debe ser transmitida a las ruedas, que son las que hacen posible su desplazamiento. El elemento fundamental de este proceso lo constituye la transmisión del movimiento a través de un conjunto de mecanismos que comprende una serie de engranajes que pueden ser conectados de distintas formas, según la velocidad deseada y las condiciones de carga. Existe, además, un árbol de transmisión, que une el órgano que suministra la potencia (el motor) al eje "activo" del vehículo, alrededor del cual tiene lugar el giro de las ruedas motrices.

Transmisión de la potencia El motor de un automóvil o de un camión trabaja mejor si gira a un número de revoluciones por minuto (r.p.m.) relativamente elevado. Es preferible que, en toda condición de empleo del vehículo, el motor opere a un régimen próximo al de su máximo ren-

dimiento. Para conseguir esto, la transmisión cuenta con una serie de engranajes estudiados de tal forma que el vehículo puede moverse a baja, media o alta velocidad, aun cuando el motor gire a un elevado número de revoluciones.

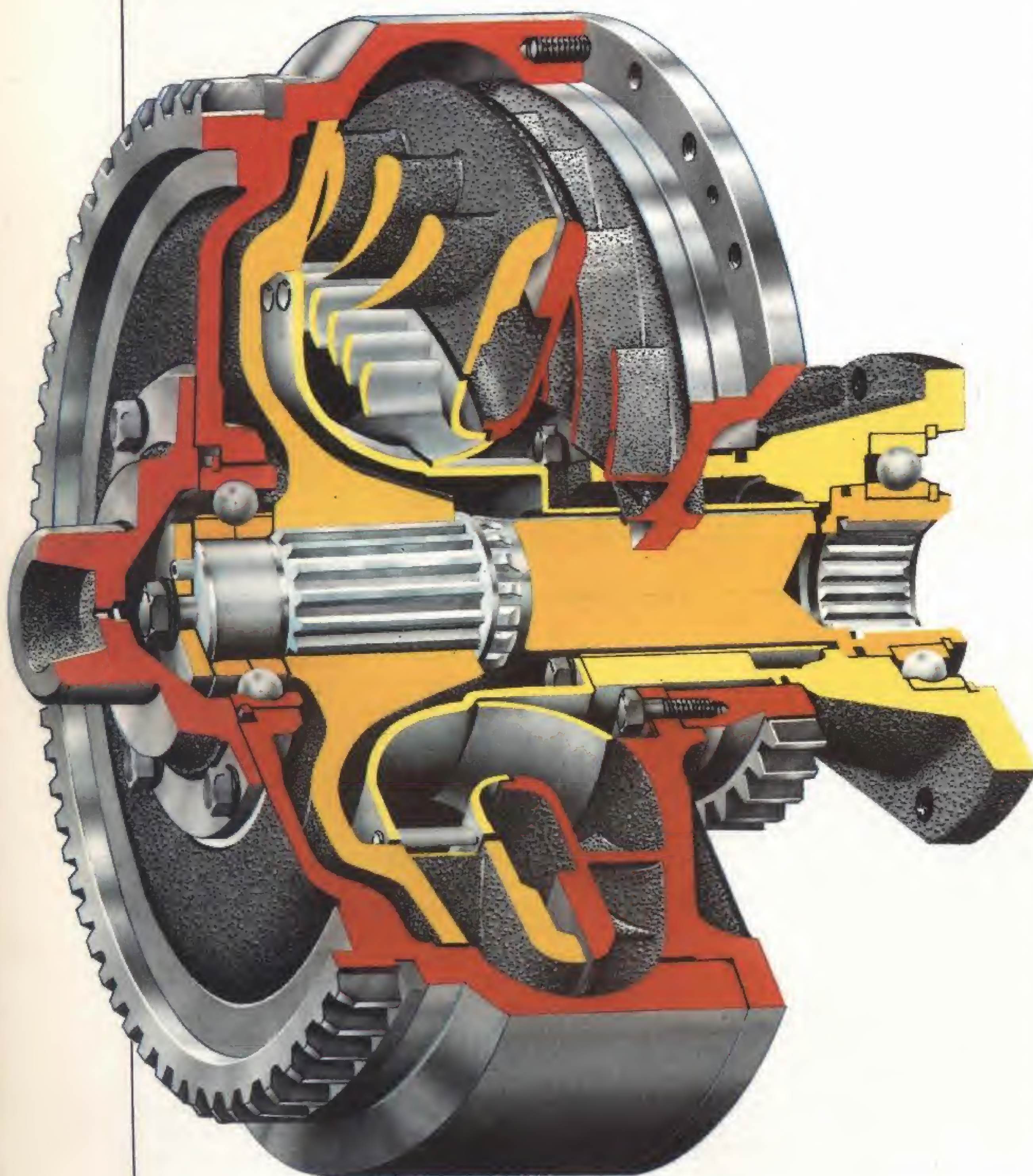
Existen dos tipos de transmisión: una llamada *mecánica*, que transmite el par producido por el motor a los engranajes mediante un embrague en seco, que puede ser activado por la simple presión que ejerce el conductor sobre el pedal del embrague. El conductor puede cambiar, por lo tanto, los engranajes de la caja de cambio, consiguiendo el movimiento de éstos mediante una palanca. Escogida la relación de transmisión oportuna, suelta el pedal del embrague de forma que, mediante el disco de embrague, que está recubierto de un material de alto coeficiente de rozamiento, conecta el volante motor a la transmisión. Muy distinta a esta transmisión convencional mediante *trenes*

de engranajes es la *transmisión hidráulica*, cuya característica esencial es el principio de funcionamiento basado en la transmisión del movimiento mediante un fluido hidráulico. Efectivamente, cuando el motor gira, comunica su rotación a un eje en cuya extremidad está montado un rotor de paletas, similar a un ventilador, que está sumergido en el fluido hidráulico y encerrado en una envolvente de forma toroidal llamado convertidor de par. La rotación del rotor arrastra el fluido hidráulico que, a su vez, provoca la rotación de la turbina, que es otro rotor en forma de ventilador. La turbina está conectada a otro eje que transmite el movimiento a la caja de engranajes colocada detrás del convertidor de par. En el interior de este último está alojado igualmente el estator, es decir, unas paletas fijas que dirigen el flujo provocado por el rotor sobre las paletas de las turbinas, aumentando así el rendimiento de la transmisión hidráulica.

Se puede comprender mejor el funcionamiento imaginando una pareja de ventiladores eléctricos, dispuestos el uno frente al otro, uno de los cuales no está conectado a la red, pero cuyas paletas están en libertad de poder girar. Se conecta a la red el primer ventilador y las paletas empiezan a girar dirigiendo el aire contra las paletas del otro ventilador, que igualmente empieza a girar, primero lentamente y luego más deprisa.

La cámara toroidal, en la cual se encuentran instaladas las paletas del rotor o bomba y las de la turbina, además de contener el fluido, tiene la función de reconducirlo a la bomba, una vez que éste ha cumplido la transferencia de energía a la turbina. Este ciclo de circulación es continuo.

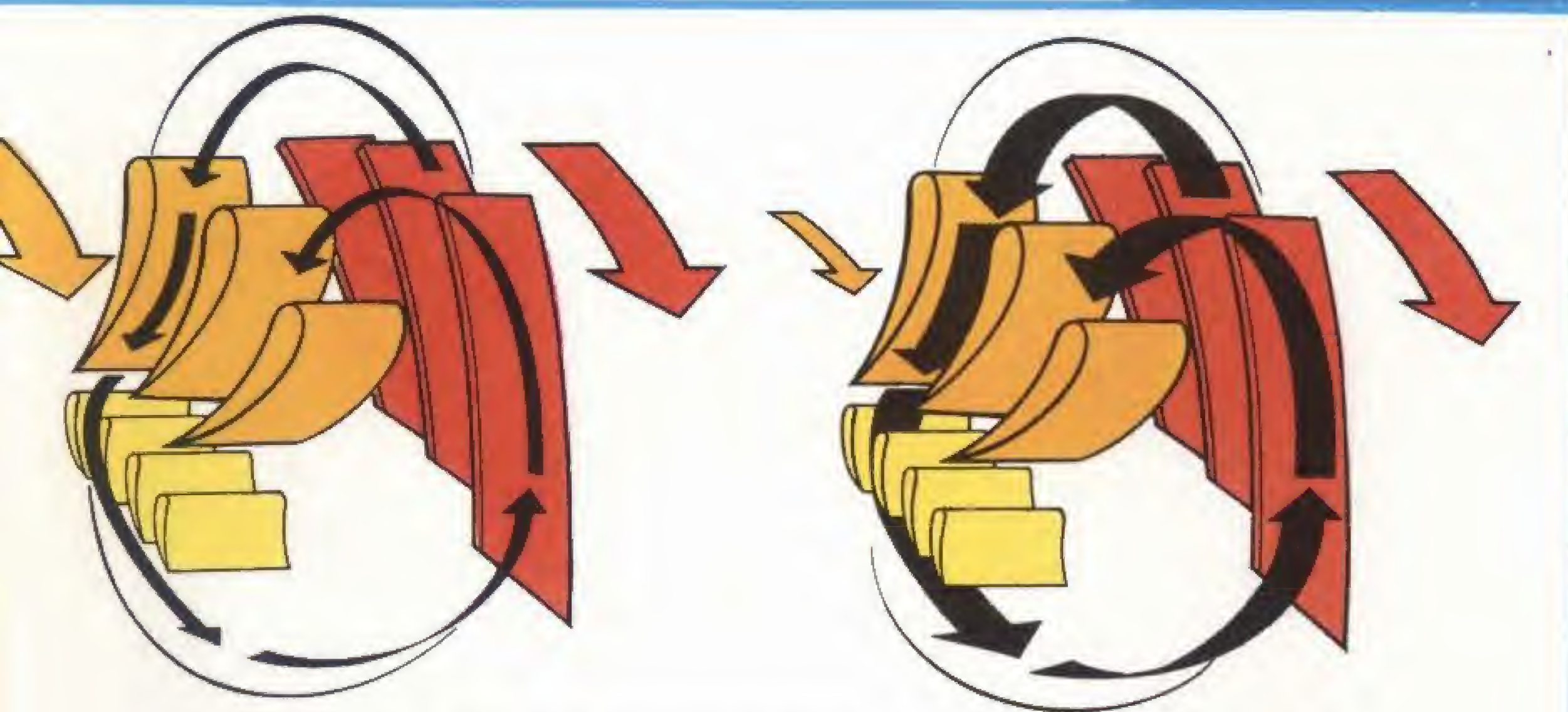
Sobre el eje rotante, que conecta la turbina a la caja de cambio, actúa un regulador. Este es capaz, no solamente de captar la velocidad de rotación del eje, sino también de abrir y cerrar las válvulas que actúan sobre los conductos que contienen un fluido hidráulico bajo presión (fluido distinto del que se encuentra en el convertidor de par). Con dicho fluido, que pasa a través de un sistema de tuberías, se pueden accionar los frenos que bloquean los trenes de engranajes seleccionados en la caja de cambio. En este tipo



A la izquierda, corte en sección de un convertidor de par. Está compuesto, fundamentalmente, por dos elementos: un rotor de paletas (de color rojo en la figura), que es accionado por un motor, y una turbina (marcada en color naranja), encargada de accionar la transmisión o, también, el cambio de marchas. Entre ambos elementos se instala el estator (en este caso, de color amarillo), que puede montarse sobre un cojinete que le permite girar.

El rotor y la turbina pueden girar libremente y con total independencia uno de la otra. Cuando se hace girar el rotor, el fluido contenido en el convertidor comienza a fluir entre aquél, la turbina y el estator. El rotor, por lo tanto, es el que comunica la energía al fluido, que a su vez hace girar la turbina. En la página siguiente, a la derecha, una de las múltiples aplicaciones de un convertidor de par: se trata de una torre de extracción petrolífera.

de cambio, los engranajes están dispuestos de una forma especial, constituida por un engranaje central alrededor del cual giran los satélites. Cuando se bloquean algunos engranajes del cambio, se provoca la rotación de otros, variando así, automáticamente, la velocidad de transmisión.



Convertidor de par. En amarillo se representa el estator, en naranja la turbina y en rojo el rotor. Las flechas negras indican el recorrido y el caudal del fluido utilizado en la transmisión. Las flechas en color, correspondientes al rotor y a la turbina, muestran la magnitud de sus velocidades relativas de giro.

A medida que el vehículo aumenta su velocidad, se van conectando sucesivamente los engranajes relativos a la primera, luego a la segunda y finalmente a la tercera velocidad, aumentando así la relación de transmisión. Por el contrario, si el vehículo reduce su velocidad, las relaciones pasan de la tercera a la segunda y luego a la primera, reduciendo la relación de transmisión.

Aunque el regulador sea el elemento fundamental de la transmisión, el aumento y disminución de la relación de transmisión son igualmente controlados por la posición del pedal del acelerador. Por ejemplo, cuando un conductor va a adelantar a otro vehículo, pisa a tope el pedal del acelerador; este movimiento es detectado por las válvulas de la caja de cambio, que reducen automáticamente la relación de transmisión para permitir una rápida aceleración.

Algunos problemas de la transmisión automática Las transmisiones automáticas no son aún lo suficientemente perfectas: en primer lugar, son difíciles y caras de reparar, ya que aunque la mayoría de los dispositivos hidráulicos son hoy muy fiables (deberían durar, por lo menos, tanto como el automóvil) existe siempre la posibilidad de que se averíen. Las transmisiones automáticas tienen además un rendimiento inferior al de las transmisiones mecánicas, por lo que puede ser considerada como normal una pérdida del 5% en el rendimiento global de la transmisión de potencia, debido a la resistencia del fluido hidráulico.

Véase **Automóvil; Automóvil, diferencial; Automóvil, embrague y caja de cambios; Engranaje; Hidráulica; Junta universal**

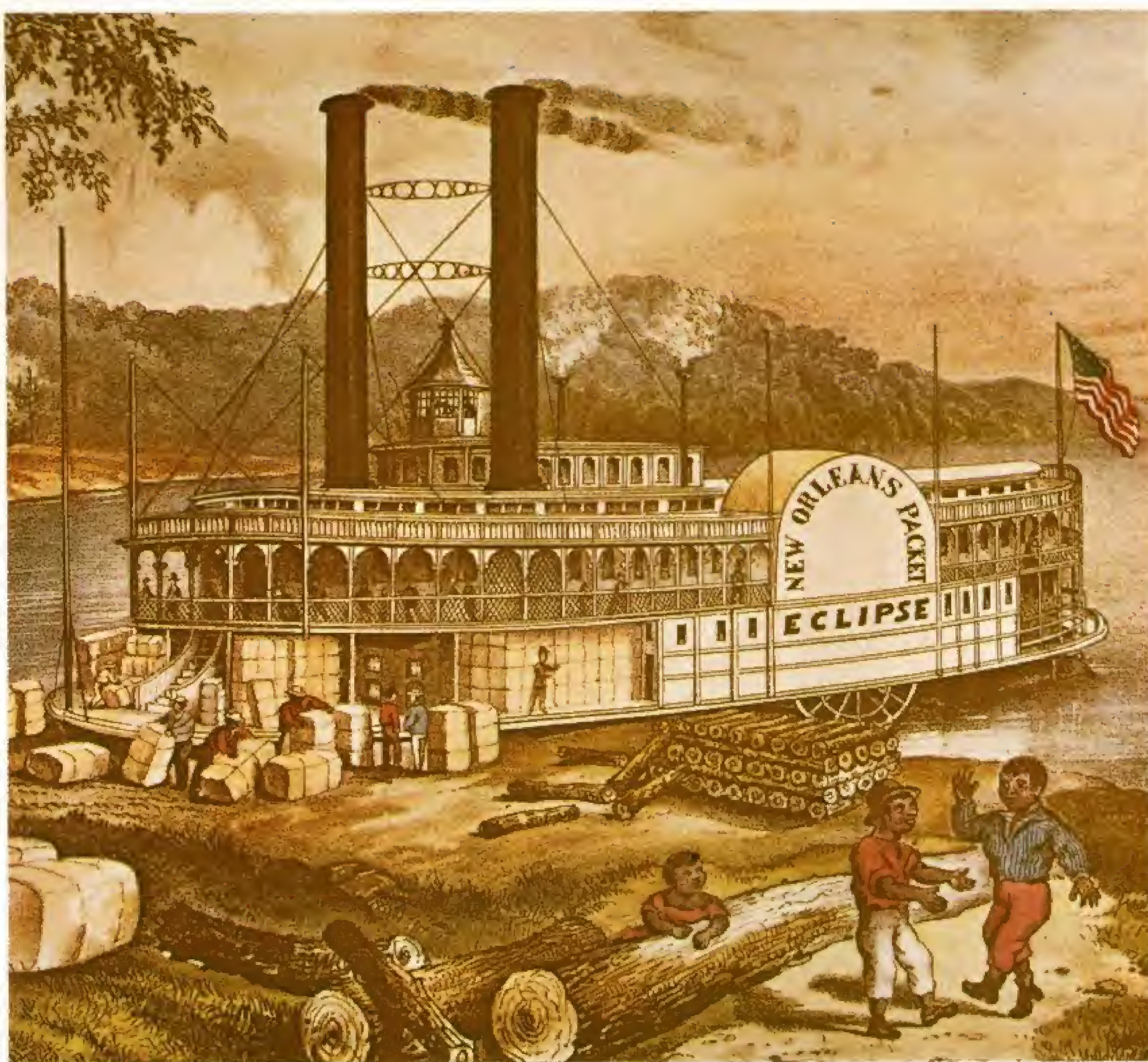


Transporte marítimo

Una de las facetas más importantes de la Revolución Industrial fue la aplicación de los nuevos avances técnicos al desarrollo del transporte marítimo. La invención de la máquina de vapor y su aplicación a la navegación, junto con la creciente utilización del hierro y del acero en las construcciones navales, aumentaron gradualmente la capacidad de las embarcaciones para transportar personas y mercancías por océanos, canales y vías fluviales. Las rutas comerciales, es decir, las rutas seguidas por los buques mercantes, aumentaron en importancia, y su control alcanzó un gran significado estratégico.

Los países cuya economía está basada en el comercio se encuentran estrechamente subordinados al transporte marítimo de mercancías —intercambian productos agrícolas y materias primas por manufacturas—, desde los países productores a los industriales.

Minerales metalíferos, carbón, petróleo, cemento, acero, productos alimentarios como cereales, azúcar, fruta y una amplia variedad de productos manufacturados constituyen sólo una parte de la multitud de productos relacionados con el transporte marítimo, que emplea gran cantidad de mano de obra, barcos y servicios. Gran Bretaña ha sido una de las naciones más importantes en este campo, seguida de la Unión Soviética, Estados Unidos, Grecia, Japón, Noruega, Alemania, Francia e Italia.

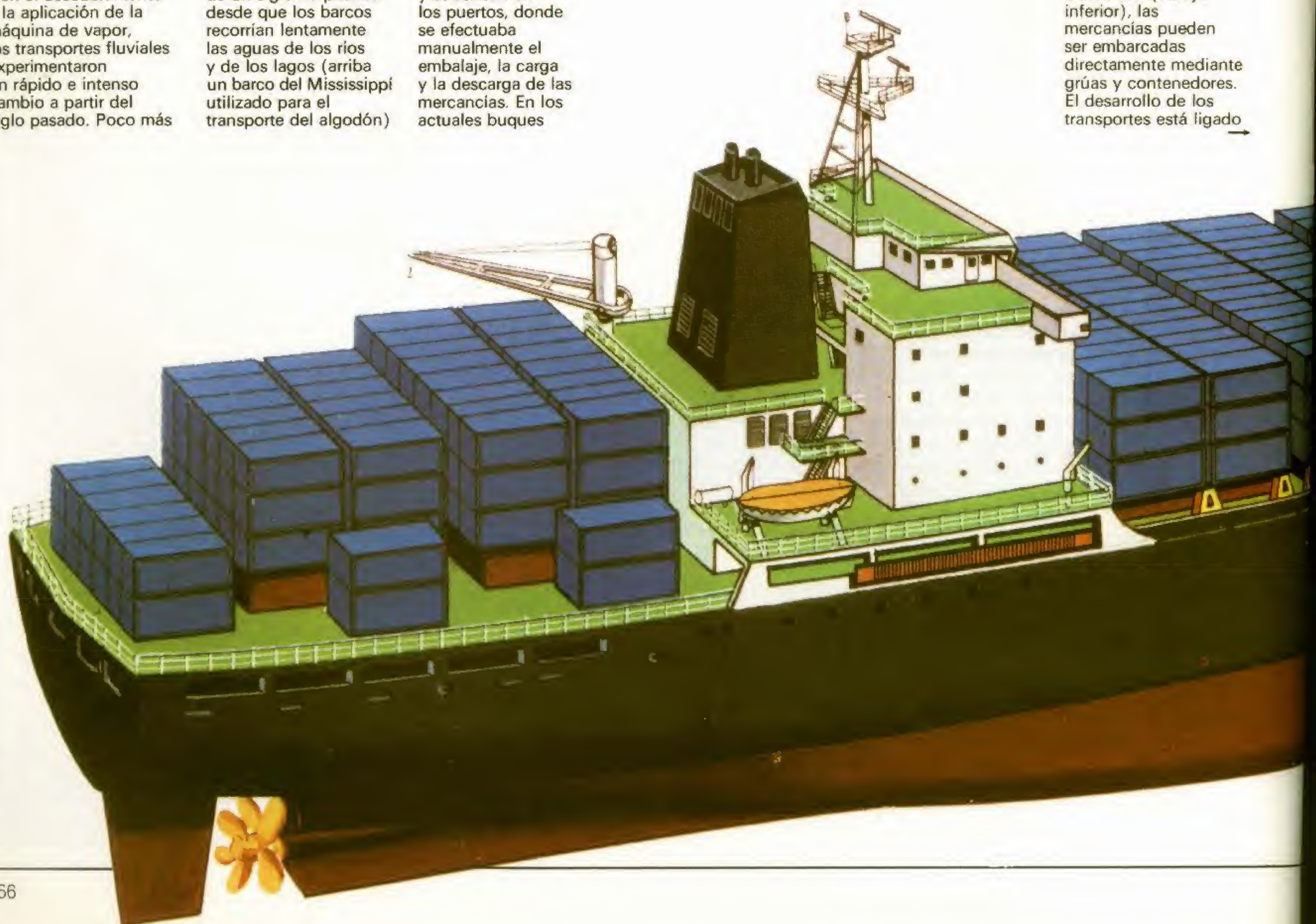


Con el descubrimiento y la aplicación de la máquina de vapor, los transportes fluviales experimentaron un rápido e intenso cambio a partir del siglo pasado. Poco más

de un siglo ha pasado desde que los barcos recorrieran lentamente las aguas de los ríos y de los lagos (arriba un barco del Mississippi utilizado para el transporte del algodón)

y atracaban en los puertos, donde se efectuaba manualmente el embalaje, la carga y la descarga de las mercancías. En los actuales buques

mercantes (dibujo inferior), las mercancías pueden ser embarcadas directamente mediante grúas y contenedores. El desarrollo de los transportes está ligado



Tipos de buques para el transporte Un transporte eficaz de materiales requiere a menudo el uso de barcos diseñados especialmente para unos materiales específicos. La industria naval ha suministrado diferentes tipos de buques mercantes para distintos cometidos. Los *buques de línea*, que hace tiempo fueron denominados "ferrocarriles del océano", son barcos que viajan con horario de salida y duración del viaje fijados con antelación, aplicando tarifas preestablecidas según el tipo de carga y destino.

Este tipo de naves es utilizado para el transporte de pasajeros, correo y pequeño comercio, aunque en su primera finalidad han sido sustituidos ampliamente por el transporte aéreo.

Los *buques de transporte* contratan transportes de todo tipo de mercancías hacia cualquier lugar preestablecido, al precio estipulado entre las partes interesadas.

Los *buques cisterna* transportan generalmente mercancías a granel, como cereales, carbón o petróleo. Están contruidos con compartimentos especiales para el transporte de materiales sólidos o líquidos que impidan el desplazamiento de la carga, lo que podría comprometer la estabilidad de la nave. Algunos buques cisterna están equipados para el transporte de petróleo y minerales en suspensión, y otros, para el transporte de cargas espe-

ciales, como vino o productos químicos líquidos o en polvo. Los buques cisterna deben diseñarse de tal forma que ofrezcan la máxima garantía contra incendios, ya que muchas cargas están constituidas por materiales inflamables.

Los *buques portacontenedores* están contruidos de forma especial para poder alojar los *containers*, es decir, contenedores para mercancías de medidas estándar. Actualmente, este tipo de naves es extremadamente importante y útil por la facilidad con que se lleva a cabo su carga y descarga; además, los contenedores son compatibles con el transporte ferroviario y por carretera.

Fletamento Gran parte del fletamento mundial de barcos tiene lugar en Londres, en el *Baltic Mercantile and Shipping Exchange Ltd.*, conocido comúnmente como el "Baltic". Sus representantes llevan a efecto las contrataciones, desempeñando el papel de intermediarios entre los transportistas marítimos y los armadores.

La contratación se puede realizar de cuatro formas distintas: *fletamento por viaje*, según el cual el barco es alquilado a un precio fijado con anterioridad por el viaje de ida de puerto a puerto; *fletamento hasta término*, en el que el buque se alquila por un período determinado o por una distancia concreta, con una cuota que puede aumentar de forma preestablecida;

fletamento del barco vacío, en el que la persona que alquila la nave se encarga de proporcionar la mano de obra, el seguro, los abastecimientos, etc., y el *fletamento por contrato*, por medio del cual el transportador se compromete a transferir una cierta cantidad de mercancía en un tiempo determinado y a un precio preestablecido, sin especificar el o los buques que vayan a utilizarse.

Ley marítima El mar es un territorio internacional: esto explica que los buques y sus armadores se encuentren sujetos no sólo a la legislación del país de origen, sino también a una serie de convenciones internacionales y leyes que han evolucionado a lo largo de los siglos y que son conocidas colectivamente como *Derecho Marítimo Internacional*. Entre estas leyes figuran las normas internacionales para la prevención de colisiones marítimas, la Convención para la seguridad de la vida en el mar, la Convención Internacional para la línea de flotación a carga normal, el Acta para los transportes mercantiles y las normas establecidas por la Organización Consultiva Internacional Marítima (IMCO, *Intergovernmental Maritime Consultive Organization*), instituto que pertenece a las Naciones Unidas.

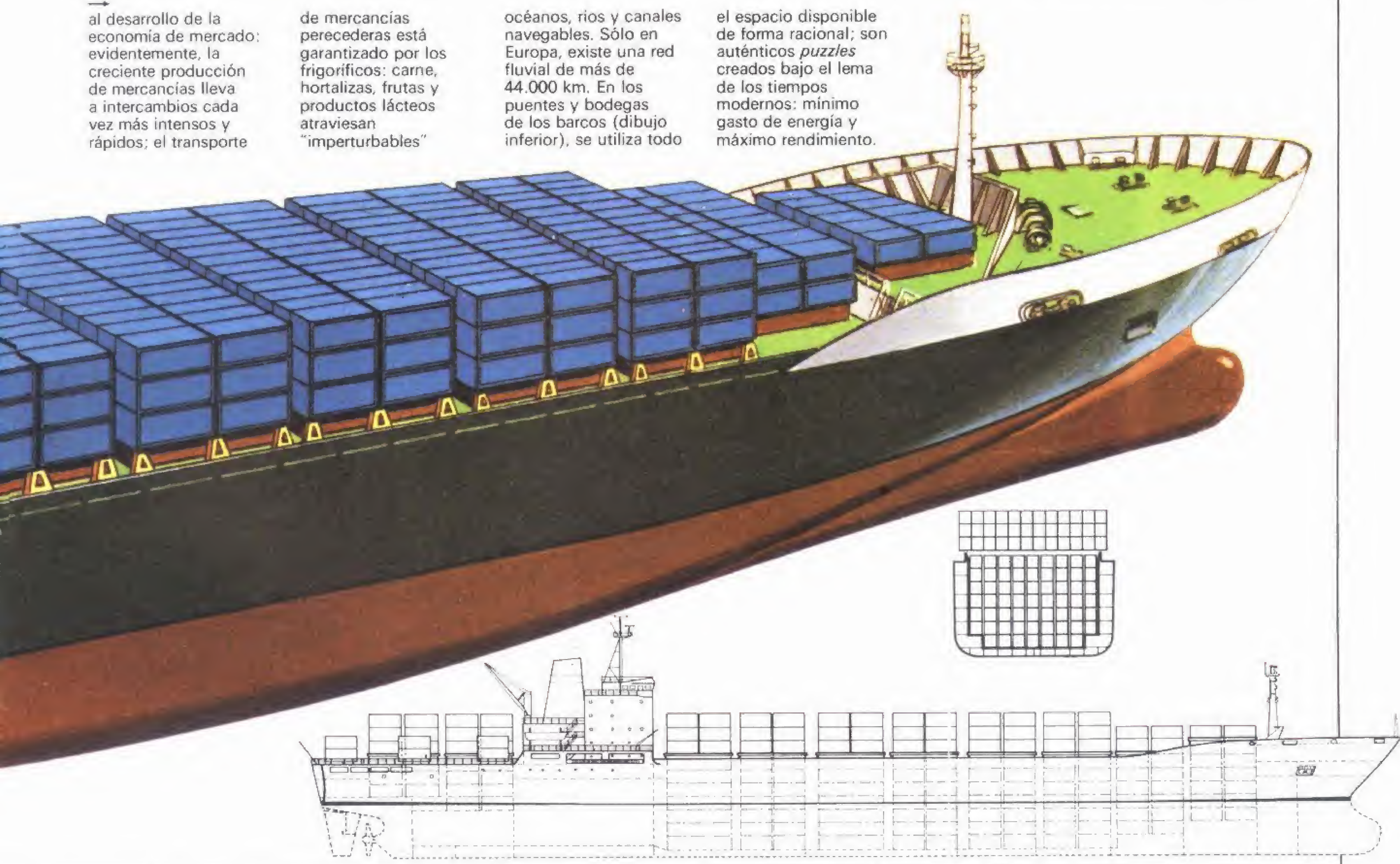
Véase Buque mercante; Naval, construcción; Transportes especiales y pesados

→ al desarrollo de la economía de mercado: evidentemente, la creciente producción de mercancías lleva a intercambios cada vez más intensos y rápidos; el transporte

de mercancías perecederas está garantizado por los frigoríficos: carne, hortalizas, frutas y productos lácteos atraviesan "imperturbables"

océanos, ríos y canales navegables. Sólo en Europa, existe una red fluvial de más de 44.000 km. En los puentes y bodegas de los barcos (dibujo inferior), se utiliza todo

el espacio disponible de forma racional; son auténticos *puzzles* creados bajo el lema de los tiempos modernos: mínimo gasto de energía y máximo rendimiento.



Transportes especiales y pesados

Una de las más importantes obras de ingeniería realizada durante el Imperio Romano fue la construcción de enormes acueductos para la distribución del agua en las ciudades; el equivalente actual de los antiguos acueductos romanos son los imponentes oleoductos que transportan el petróleo y el gas natural utilizados por las industrias. No obstante, los oleoductos sólo son uno de los componentes de las modernas redes de transporte, en las cuales se emplean camiones, trenes de mercancías, barcos y aviones.

Transportes terrestres Los camiones, las conducciones por tuberías y los trenes son los principales medios de transporte terrestre de mercancías. Los primeros go-

tencia con los transportes ferroviarios. No obstante, los trenes resultan aún económicamente más ventajosos, sobre todo para el transporte a largas distancias. Un convoy de cien o más vagones de mercancías, similar a los utilizados en Estados Unidos, necesita únicamente un equipo de cinco o incluso menos personas, resultando por lo tanto muy eficaz con respecto al empleo de mano de obra. Además, las pérdidas por rozamiento del tren sobre los raíles son bastante reducidas, lo que se traduce en un gasto de energía bastante inferior al de los camiones.

El desarrollo del servicio ferroviario que ha tenido lugar durante los años sesenta, sobre todo en Estados Unidos, es un caso típico en el que la competencia en-

tre la industria de los transportes por carretera y la organización de los transportes ferroviarios se ha convertido en cooperación mutua. Los remolques de los camiones, con toda su mercancía, son cargados sobre vagones de tren especiales. En la estación de mercancías de destino los remolques son enganchados de nuevo a las cabinas que se encargarán de remolcarlos durante el resto del viaje.

Otro ejemplo de integración, más difundido aún entre los distintos medios de transporte, es el de la introducción de los *contenedores*, que comenzó igualmente en los años sesenta. Consisten éstos en una especie de grandes cajas de embalaje reutilizables y de medidas normalizadas que pueden ser transportadas por los



zan de una gran maniobrabilidad, por lo que son los más utilizados para el transporte de mercancías en trayectos de corto y medio recorrido. El típico camión pesado, utilizado para el transporte de mercancías entre dos ciudades, está constituido por una cabina, en la que se aloja el motor, los mandos y los asientos, y una caja de carga para las mercancías. Las cabinas suelen estar independizadas con respecto a la caja de carga para que las sacudidas de ésta no repercutan en el conductor. La caja de carga es la que define los diversos tipos de camión, entre los que puede citarse: *cuba*, para el transporte de líquidos y fluidos; *volquete*, para transportar piedras, tierra, etc.; *furgón*, provisto de una caja cerrada para el transporte de paquetería; *isotermo*, con caja refrigerada, etc. Para el transporte pesado está muy extendida la utilización de camiones cuya caja de carga se emplea en forma de remolque.

Durante este siglo, los transportes por carretera han mantenido una dura compe-

A menudo, las fábricas y los lugares de destino de los materiales producidos en ellas están muy distantes entre sí, por lo que es necesario efectuar transportes excepcionales, tanto en lo que se refiere a su peso como a su tamaño. Estos traslados pueden afectar a distintas modalidades de



transporte terrestre, marítimo o aéreo. En la página anterior vemos dos ejemplos de vehículos para transportes especiales. En esta página, a la derecha, una cisterna para dióxido de carbono líquido, que permite el transporte polivalente rail-carretera. Abajo, un vagón ferroviario especial para el transporte de piezas de gran tamaño, que no pueden ser cargadas sobre los vagones normales por exceder las medidas estándar normalmente admitidas.



vagones de mercancías y trasladadas después, mediante grúas, a camiones con bastidores apropiados, a barcos especiales, denominados portacontenedores, o a algunos tipos de aviones.

Existen tres tipos convencionales de vagones de mercancías: los de caja de carga abierta, en los cuales se transporta material a granel, como carbón y minerales; los de caja de carga cerrada, y los de plataforma, sobre los que se transportan materiales que abultan mucho y no caben en los vagones cerrados. Se han construido igualmente vagones de dos o tres pisos para el transporte de automóviles, vagones frigoríficos para alimentos perecederos, vagones para el ganado y vagones cisterna. Los trenes de mercancías están compuestos generalmente por un número indeterminado de vagones diferentes enganchados entre sí y cargados de mercancías de distintos tipos y con diversos destinos. Durante el recorrido, el tren de mercancías se detiene en diferentes estaciones para desenganchar vagones que

eventualmente pueden ser enganchados a otros convoyes.

No obstante, existen trenes especiales de mercancías, llamados *unit trains*, que transportan únicamente un determinado tipo de mercancía, como trigo, carbón, minerales, etc. Estos trenes, con recorrido directo desde el punto de carga al de destino, por ejemplo, desde una mina a un puerto, son más rápidos que los trenes corrientes de mercancías. A menudo, materiales como la arena o el trigo son transportados en vagones que disponen de silos abiertos por arriba y que se cargan por gravedad. Cuando el tren llega a su destino, se abren las compuertas situadas en el fondo del vagón y el material es descargado rápidamente.

Las conducciones por tuberías, a las cuales nos hemos referido anteriormente, constituyen otro medio de transporte terrestre. Han sido proyectadas para el transporte de fluidos especiales, como el agua (acueductos), productos petrolíferos (oleoductos), gas (gasoductos) o gas na-

tural, o también sólidos, como el carbón, previamente pulverizados y mezclados con agua formando una especie de barro. Las tuberías son generalmente de acero, pero también pueden ser de aluminio, de diversas aleaciones no ferrosas, y de materiales cerámicos o plásticos, según la resistencia a la corrosión que se necesite. Sistemas de válvulas y estaciones de bombeo, espaciadas aproximadamente 80 ó 100 km entre sí, propulsan los fluidos una vez desviados a la tubería requerida. Existen enormes redes de oleoductos en la Unión Soviética, en Europa y en Estados Unidos. En este último país se han construido casi dos millones de kilómetros de conductos de gas natural y petróleo.

Los barcos Para el transporte marítimo, las mercancías son cargadas sobre dos tipos fundamentales de barcos: los buques cisterna y los de carga. Los primeros se destinan al transporte de fluidos, especialmente petróleo, gas natural y líquido, pero también de otros muchos, como



vino, aceites, etc. Pueden transportar igualmente azufre, minerales en polvo y carbón mezclados con agua en forma de barro. Los petroleros que se utilizan actualmente son los mayores barcos construidos hasta ahora. Un superpetrolero puede alcanzar un desplazamiento de 500.000 tm. Como indica su nombre, el casco de un buque cisterna contiene una serie de depósitos o compartimentos. A menudo, éstos pueden ser calentados mediante resistencias eléctricas para evitar que los fluidos viscosos se solidifiquen durante el transporte en la estación invernal.

Debido a las enormes dimensiones de muchos petroleros, éstos sólo pueden atracar en un reducido número de puertos, por lo que en muchas instalaciones portuarias se han construido sistemas de

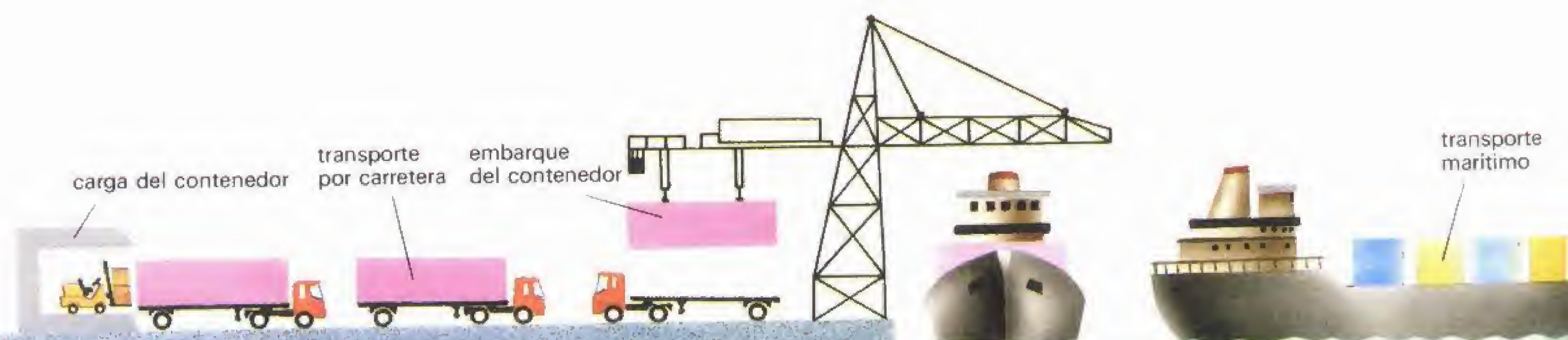
abastecimiento y vaciado en alta mar, conectados mediante oleoductos con tierra firme, lo que permite a los petroleros efectuar dichas operaciones permaneciendo en aguas profundas.

Para los materiales que no pueden ser transportados en buques cisterna se emplean otros tipos de barcos de carga. En los buques que se destinan para el transporte de sólidos a granel se pueden cargar grandes cantidades de carbón y de minerales. Otros barcos de utilización más general pueden transportar mercancías líquidas o sólidas.

Como ya hemos visto, en los años sesenta aparecieron algunos nuevos tipos de buques mercantes de concepción revolucionaria. Un ejemplo de esto son los barcos que transportan contenedores de

medidas unificadas. Los contenedores de sección cuadrada, de 2,5 m de lado y una longitud de 6 ó 12 m, son cargados a bordo mediante grúas. Cuando la bodega del buque está completa, pueden cargarse más contenedores sobre el puente. Un tipo de barco que facilita aún más las operaciones de embarque y desembarque es el llamado RO-RO es decir *Roll on, Roll off*. La carga de estos barcos es transportada por contenedores con ruedas parecidos a las de los remolques de los camiones. Cuando el barco llega a su destino, los remolques son desembarcados y enganchados directamente a las cabinas de los camiones que se encargarán de su transporte hasta su punto de destino.

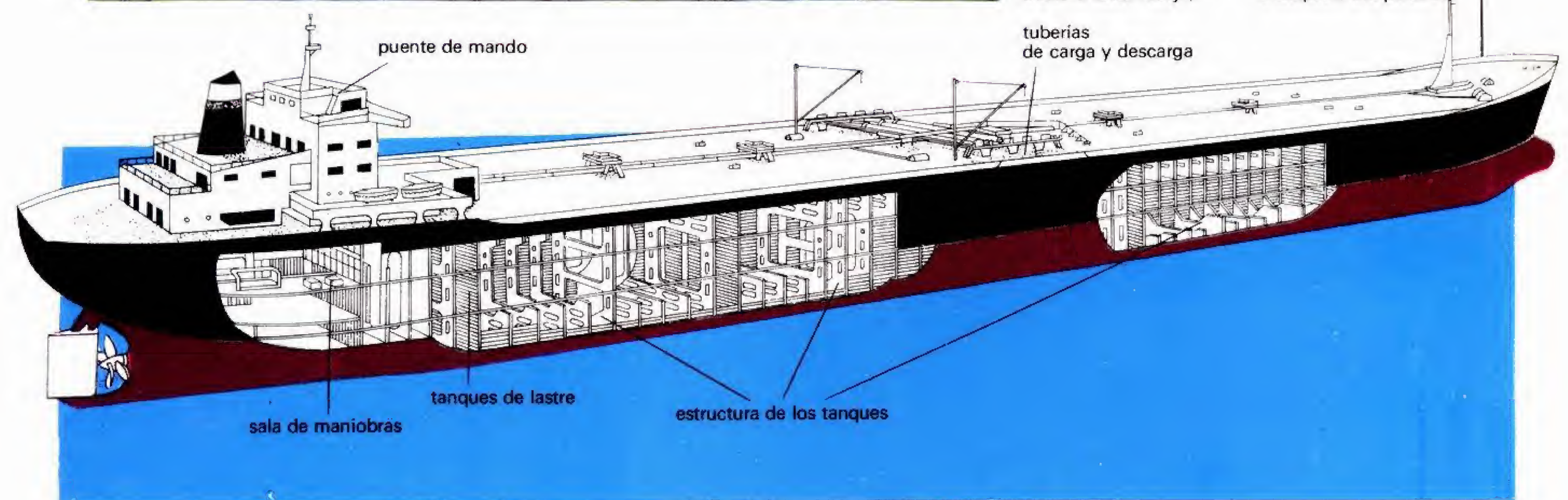
Finalmente, otro tipo de buque mercante es el denominado LASH (*Lighter*





En la página anterior, arriba, un helicóptero soviético de transporte tipo MM-10, capaz de transportar sobre una plataforma cargas de hasta 15 tm. Este helicóptero, de casi 33 m de longitud, dispone de dos turbinas de 5.500 CV de potencia que le permiten elevarse hasta los 3.000 m. Por razones económicas, estos grandes helicópteros de carga sólo se utilizan para casos excepcionales, cuando no es posible por cualquier causa efectuar el transporte por los medios tradicionales. Abajo,

un barco para el transporte de semirremolques totalmente cargado. En esta página, a la izquierda, un buque portacontenedores. Estos dos tipos de buques representan la integración de los diferentes tipos de transporte de mercancías. Bajo estas líneas, un dibujo en sección de un gran petrolero en el que se indican sus principales elementos constituyentes. El petrolero y los oleoductos son los dos sistemas más empleados para el transporte del petróleo.



Aboard Ship), que transporta a bordo contenedores cargados a su vez sobre barcazas. Estas barcazas, cada una de las cuales tiene una capacidad de hasta 300 tm, son embarcadas en el LASH por medio de potentes grúas

Barcazas Antes del desarrollo de las redes ferroviarias y de carreteras, el transporte de mercancías a lo largo de los ríos y canales interiores era de fundamental importancia, sobre todo en Europa y Estados Unidos. Para algunas industrias, este tipo de transporte sigue siendo muy importante, aunque sólo alcance un peque-

ño porcentaje del total de mercancías transportadas por tierra.

Las barcazas con casco de forma rectangular y fondo plano pueden ser, esencialmente, de tres tipos: de bodega abierta, con una capacidad de transporte de mil a tres mil toneladas de mercancías, como carbón y arena; de bodega cubierta, que pueden transportar de mil a mil quinientas toneladas de carga, y las cisternas, que pueden transportar de mil a tres mil toneladas de mercancías fluidas, como aceite, productos petrolíferos, químicos y fertilizantes. Las barcazas pueden cargar también troncos, papel, grano, hierro, acero y

cemento. Las que no disponen de su propio sistema de propulsión son empujadas o remolcadas por barcos remolcadores. Algunos de éstos pueden remolcar de una sola vez hasta cuarenta barcazas firmemente enganchadas entre sí. En aguas movidas (como, por ejemplo, a lo largo de la costa marina), las barcazas son remolcadas mediante cables para facilitar la navegación sobre las olas.

Véase **Avión de transporte pesado; Buque mercante; Ferrocarril; Grúas y aparatos elevadores; Locomotora; Naval, construcción; Oleoducto; Transbordador; Transporte marítimo**

Bajo estas líneas esquema de un sistema de transporte de contenedores en la doble modalidad: mar y

carretera. Comenzando desde la página anterior, a la izquierda, observamos que la mercancía cargada

en el contenedor es transportada al punto de embarque mediante un camión semirremolque.

Un barco portacontenedores realiza el transporte marítimo hasta el puerto de destino,

donde el contenedor sigue su camino sobre otro camión o, eventualmente, por vía férrea. En el punto de

destino la mercancía es descargada del contenedor por medio de vehículos portapalés.



Transuránicos, elementos

Hace aproximadamente cincuenta años, el uranio era el elemento más pesado de todos los que se conocían. Sin embargo, en este lapso de tiempo, los científicos han logrado crear artificialmente, mediante reacciones nucleares, una serie de elementos aún más pesados. Estos nuevos elementos, que ocupan en la tabla periódica lugares superiores al del uranio, de número atómico 92, son conocidos como *elementos transuránicos*. En la actualidad, el número de elementos transuránicos conocidos es de quince, pero es imposible prever cuántos más se descubrirán en el futuro.

Átomos y elementos Todos los átomos de un mismo elemento poseen dimensiones prácticamente iguales y se comportan de forma exactamente igual en las reacciones químicas. Puede pensarse en el átomo como en un conjunto de pequeñas partículas con carga eléctrica ne-

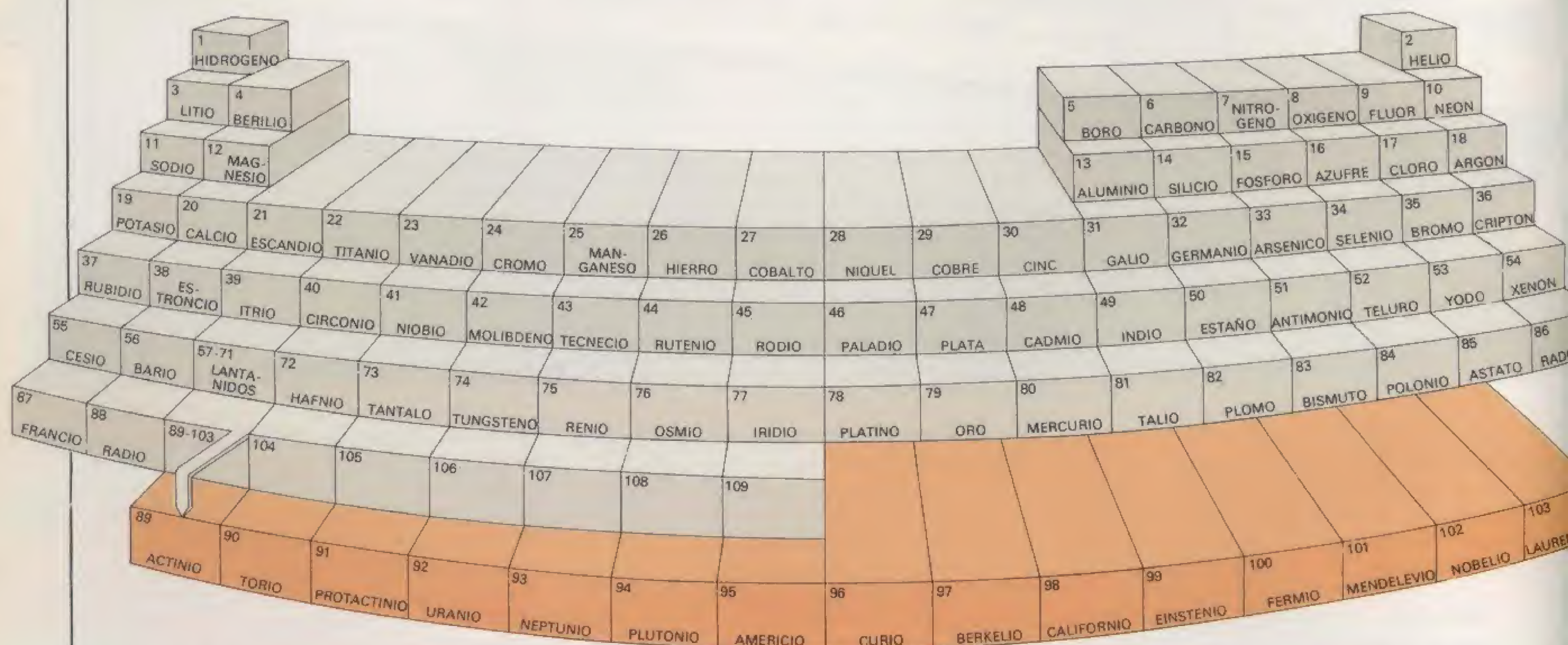
sico igual a 235) tiene un total de 143 neutrones ($92 + 143 = 235$), mientras que el uranio 238 tiene 146 ($92 + 146 = 238$).

La mayoría de los isótopos, además, son radiactivos, o bien, inestables; por tanto, sus núcleos están expuestos a un proceso de desintegración espontánea que puede hacer modificar su número atómico o su número másico. Existen distintos tipos de radiactividad. Uno de éstos, por ejemplo, consiste en la emisión de un electrón del núcleo, lo que sucede cuando uno de los neutrones se transforma en protón. La emisión de este electrón se denomina "radiación beta". La adquisición de un protón más hace variar el número atómico, transformando el elemento en el inmediatamente siguiente de la tabla periódica de Mendeleiev.

El tiempo necesario para que la mitad de los átomos de un elemento radiactivo se desintegre se denomina *período de semidesintegración* de dicho elemento.

El uranio 238, por ejemplo, posee un período de semidesintegración de 4.500 millones de años. El conocimiento de los períodos de semidesintegración es de fundamental importancia para el almacenamiento de los residuos radiactivos.

El descubrimiento de los elementos transuránicos En el año 1940, dos físicos estadounidenses, Abelson y McMillan, bombardearon los átomos de uranio con neutrones a alta velocidad. Los núcleos de uranio absorbieron los neutrones, aumentaron sus números másicos en una unidad y, mediante la emisión de radiación beta, transformaron un neutrón en un protón con el consiguiente aumento en una unidad de su número atómico. El resultado fue la formación de un nuevo elemento (más pesado que el uranio), cuyo isótopo más estable tiene un período de semidesintegración de más de dos millones de años. Este nuevo elemento fue llamado



Sobre estas líneas se representa la localización de los elementos transuránicos en la Tabla periódica. Están colocados, obviamente,

en la parte final de la tabla, la que corresponde a los elementos de número atómico más elevado. Los transuránicos poseen una

característica común que consiste en tener un período de semidesintegración menor que el de aquellos elementos que se pueden

encontrar en la Naturaleza. Es este corto período de semidesintegración el que hace que no se encuentren presentes ni en las rocas

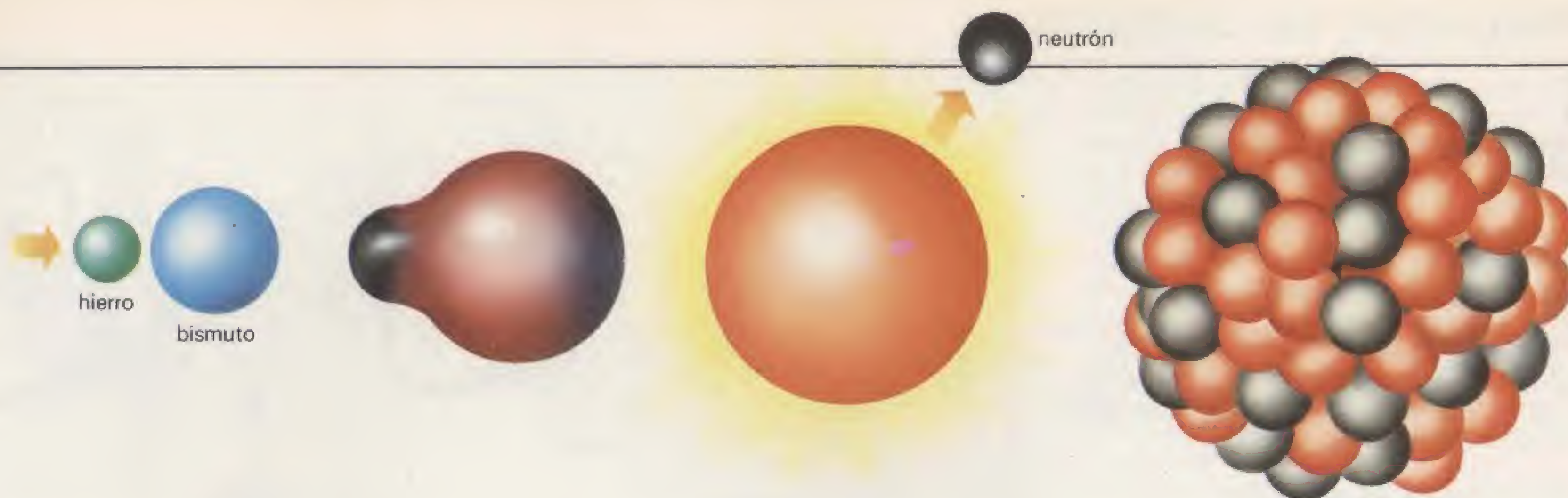
terrestres ni en los astros. De hecho, existen procesos naturales (bombardeo con rayos cósmicos) que los producen a partir de otros

elementos, pero en breve tiempo se desintegran y desaparecen. Abajo, tabla de los elementos con número atómico superior a 100.

gativa que giran alrededor de un núcleo central, mucho más compacto y pesado. El núcleo está constituido por partículas con carga positiva, llamadas protones, y por neutrones, con carga eléctrica nula. El número de protones contenidos en el núcleo constituye el *número atómico*, mientras que el número total de protones y neutrones constituye el *número másico*. Cada uno de los átomos de un mismo elemento químico que tienen distinto número másico, es decir, el mismo número de protones, pero un número mayor o menor de neutrones, constituye un *isótopo* del elemento. Así, si bien cada átomo de uranio tiene 92 protones en el núcleo, el uranio 235 (es decir, uranio con número má-

ELEMENTOS ARTIFICIALES CON NUMERO ATOMICO SUPERIOR A 100

Número atómico	Nombre	Símbolo	Descubridor	Año	Isótopo creado
101	Mendelevio	Md	Ghiorso, Harvey	1955	²⁵⁶ Md
102	Nobelio	No	Ghiorso, Sikkeland	1958	²⁵⁴ No
103	Laurencio	Lr	Ghiorso, Sikkeland	1959	²⁵⁷ Lr
104	Kurtschatovio	Ku	Flerov, Oganessian	1964	²⁶⁰ Ku
	Rutherfordio	Rf	Ghiorso, Numia	1969	²⁵⁷ Rf
105	Hahnio	Ha	Ghiorso, Nurmia	1970	²⁶⁰ Ha
	Nielsbohrio	Ns	Flerov, Oganessian	1979	²⁶¹ Ns
106			Ghiorso, Nitschke	1974	²⁶³ 106
			Oganessian, Tretjakov	1974	²⁵⁹ 106
107			Oganessian, Dermin	1976	²⁶¹ 107
			Armbruster Müzenberger	1981	²⁷² 107
109			Universidad de Darmstadt	1982	²⁶⁷ 109



Sobre estas líneas, esquema de la formación de un elemento transuránico mediante bombardeo con partículas más pequeñas. En este caso se ha utilizado como partícula

proyector un núcleo de hierro, y como blanco, el bismuto. La fusión de los núcleos forma otro núcleo más pesado, pero inestable, que se transforma en uno estable de número atómico 109 por medio

de la emisión de un neutrón. Normalmente, los núcleos inestables naturales no expulsan un neutrón para lograr la estabilidad, pero en este caso se trata de un núcleo apenas creado por medio

de un proceso que en la naturaleza no existe. Este proceso de bombardeo del átomo de bismuto con núcleos de hierro no se desarrolla, necesariamente, con una abundante

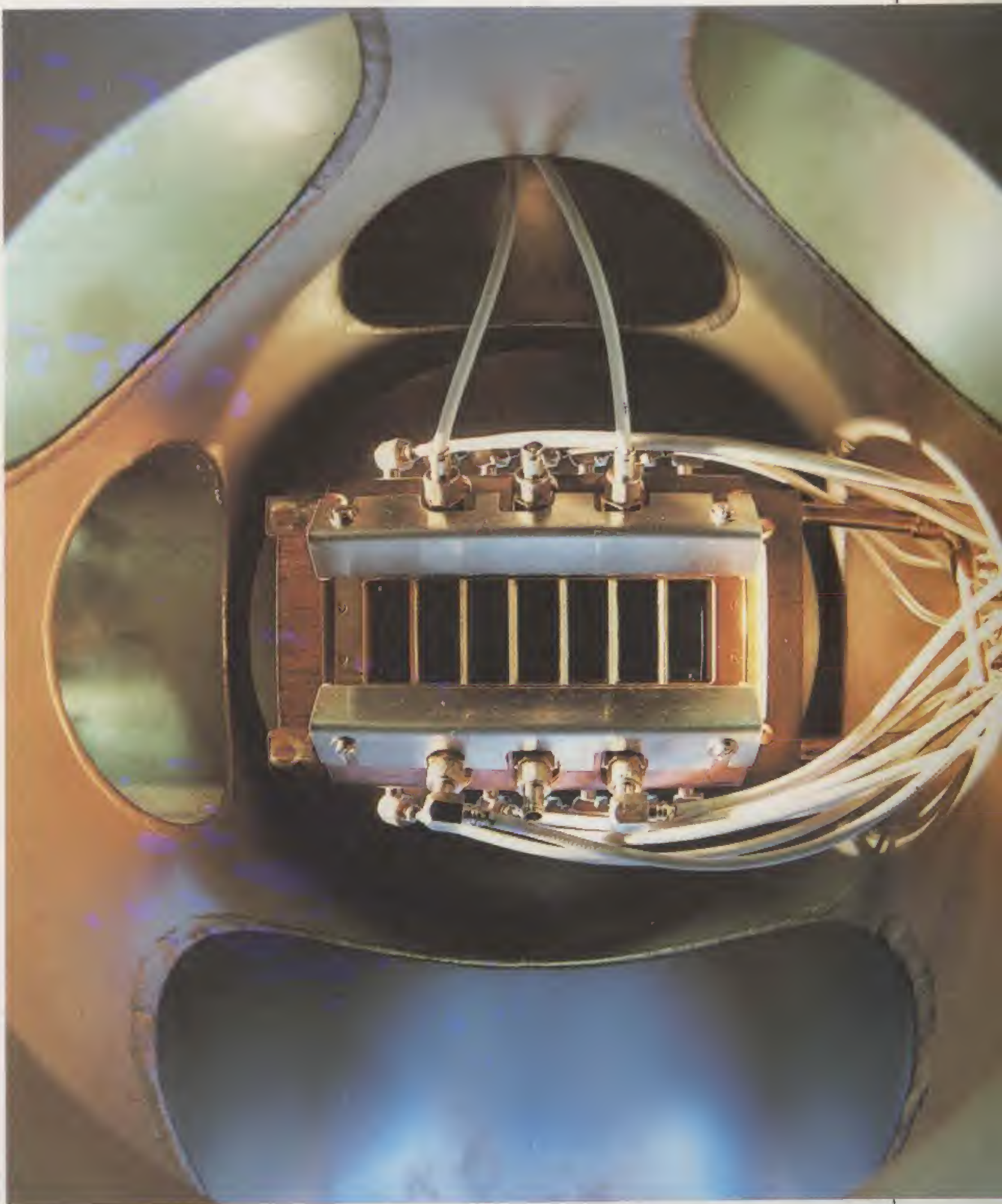
producción de elemento 109. Se necesita ante todo un potente acelerador lineal que confiera a los iones de hierro una velocidad próxima a la de la luz. De estos iones, sólo uno de cien

mil billones produce la reacción eficazmente; el 109 así producido se desintegra en sólo cinco milésimas de segundo. Abajo, el detector utilizado para observar el experimento.

neptunio, nombre derivado de Neptuno, el planeta siguiente a Urano en el Sistema solar. Durante el año siguiente se descubrió el plutonio, cuyo nombre deriva de Plutón, el planeta más lejano del Sistema solar. Su número atómico es 94, y uno de sus isótopos, el plutonio 242, posee un período de semidesintegración de 50.000 años. El plutonio es, con diferencia, el más importante de los elementos transuránicos conocidos en la actualidad, utilizándose normalmente como combustible en los reactores nucleares.

En breve tiempo se descubrieron también el americio (número atómico 95), el curio (96), el berkelio (97) y el californio (98). Los tres primeros presentan al menos un isótopo cuyo período de semidesintegración es superior al millar de años, mientras que el más estable de los isótopos del californio posee un período de semidesintegración de cerca de ochocientos años. El einstenio (número atómico 99; su isótopo más estable tiene un período de semidesintegración de 480 días) y el fermio (número atómico 100; período de semidesintegración de 254 días) fueron descubiertos entre los residuos de la explosión de la primera bomba de hidrógeno, en 1951. A continuación, fueron producidos en los laboratorios el mendelevio (101), el nobelio (102), el laurencio (103), el rutherfordio (104) y el hahnio (105). Estos últimos elementos poseen períodos de semidesintegración brevísimos: la vida media de sus isótopos más estables se mide en fracciones de segundo. Antiguamente se creía que no podían existir átomos con un número de masa superior a 100. Actualmente, muchos científicos creen que pueden existir también "islas de estabilidad" para algunos valores de número másico superiores, como 114, 164 y 204, y se han hecho cálculos detallados de las propiedades químicas y nucleares de éstos átomos. Sin embargo, ninguno de ellos ha sido aún descubierto.

Véase **Átomo; Masa; Masa crítica; Núcleo atómico; Peso atómico; Tabla periódica de elementos**

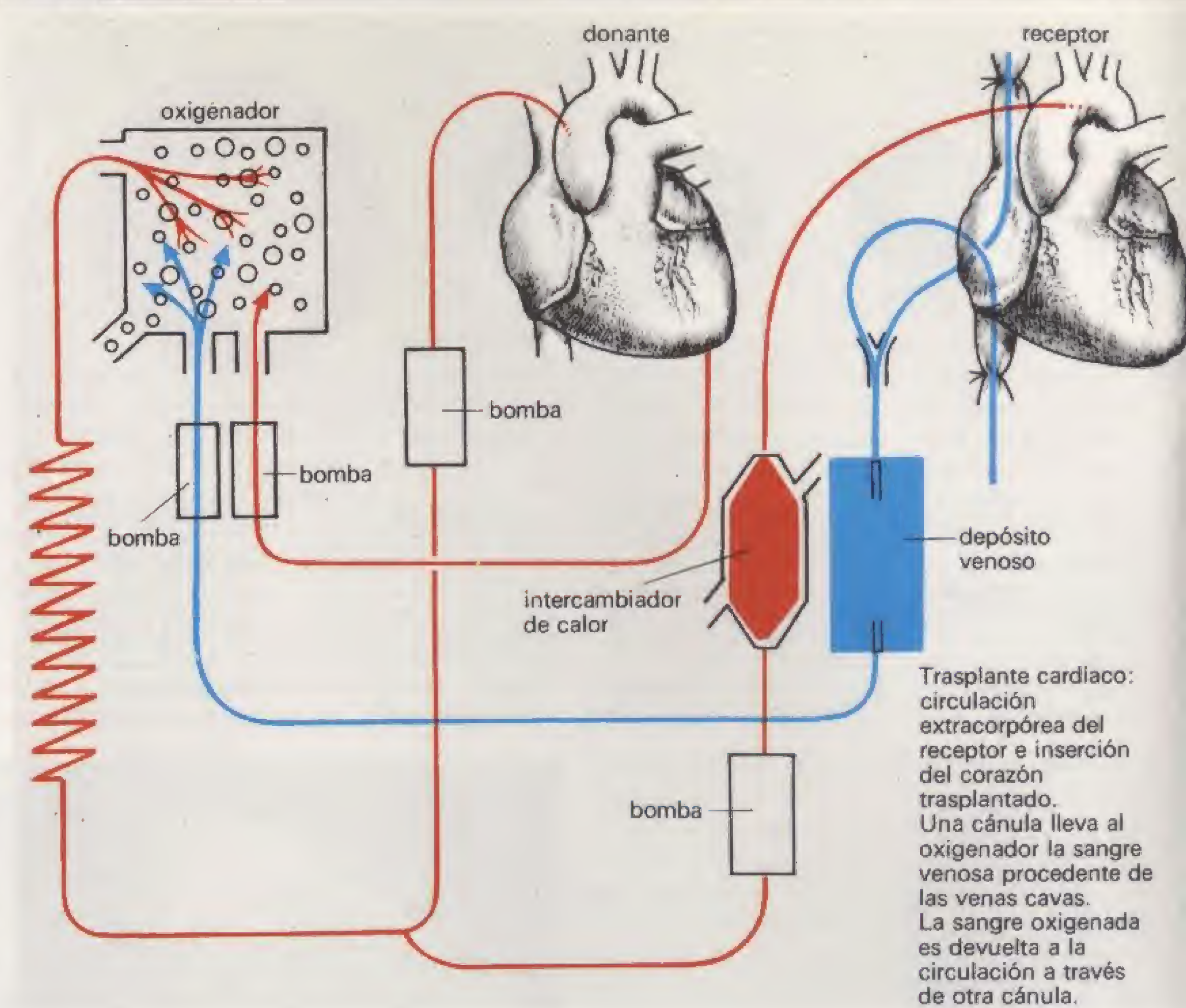


Trasplante de órganos

Si una máquina no funciona, debido a que alguna de sus piezas está en mal estado, la solución es sencilla: se coloca una pieza nueva. Este es el principio fundamental que subyace en las operaciones de trasplantes de órganos en el cuerpo humano. Si un órgano, por ejemplo un riñón, no funciona adecuadamente y no puede ser tratado mediante sistemas convencionales, puede ser extirpado y sustituido por un órgano nuevo. Si el trasplante tiene éxito, el paciente será capaz de reemprender una vida normal.

Naturaleza de los trasplantes Los primeros cirujanos hindúes (aproximadamente en el año 600 a. de C.) eran capaces de reconstruir la nariz de un paciente con trozos de piel obtenidos de los brazos del propio sujeto. Esta antigua forma de injerto es, efectivamente, una precursora de los trasplantes actuales, pero mientras que en el injerto el paciente recibe el tejido de una parte sana de su propio organismo, en los trasplantes, el órgano procede de un donante. En el caso de los órganos pares, como los riñones, de los que sólo uno es necesario para la supervivencia, el donante puede ser incluso un sujeto vivo. En el caso de órganos vitales únicos, como el corazón, el donante tiene que estar necesariamente muerto.

La historia de los trasplantes de órganos es relativamente reciente. Los primeros trasplantes experimentales de corazón y riñón fueron llevados a cabo por el cirujano francés Alexis Carrel entre 1902 y 1912, tras haber puesto a punto un método para ligar los vasos sanguíneos. Sin embargo, los mayores progresos en los trasplantes de órganos tuvieron lugar a partir de la década de los cincuenta. En 1953, J. Hardy efectuó el primer trasplante de pulmón. Un año más tarde, J. E. Murray

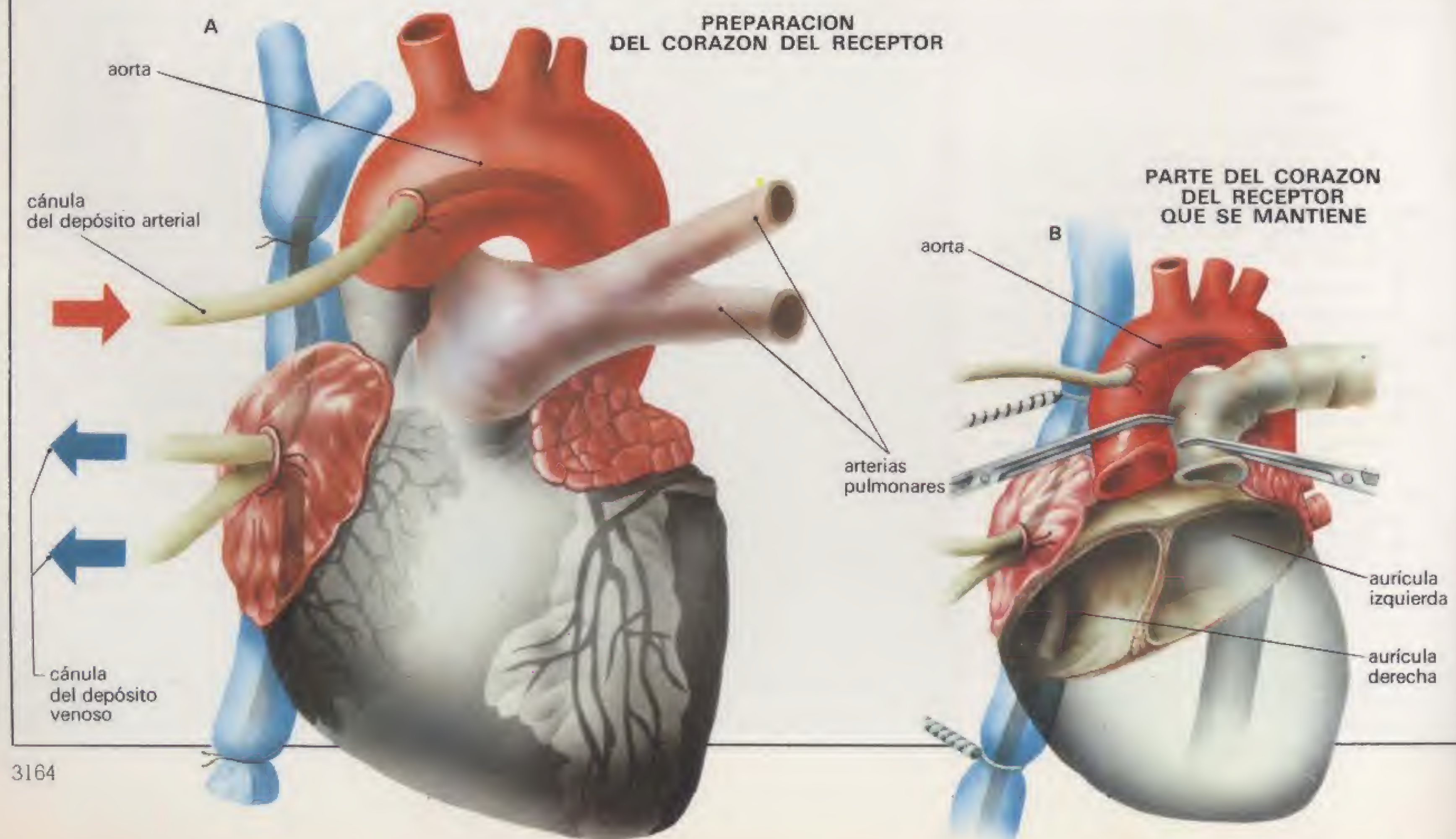


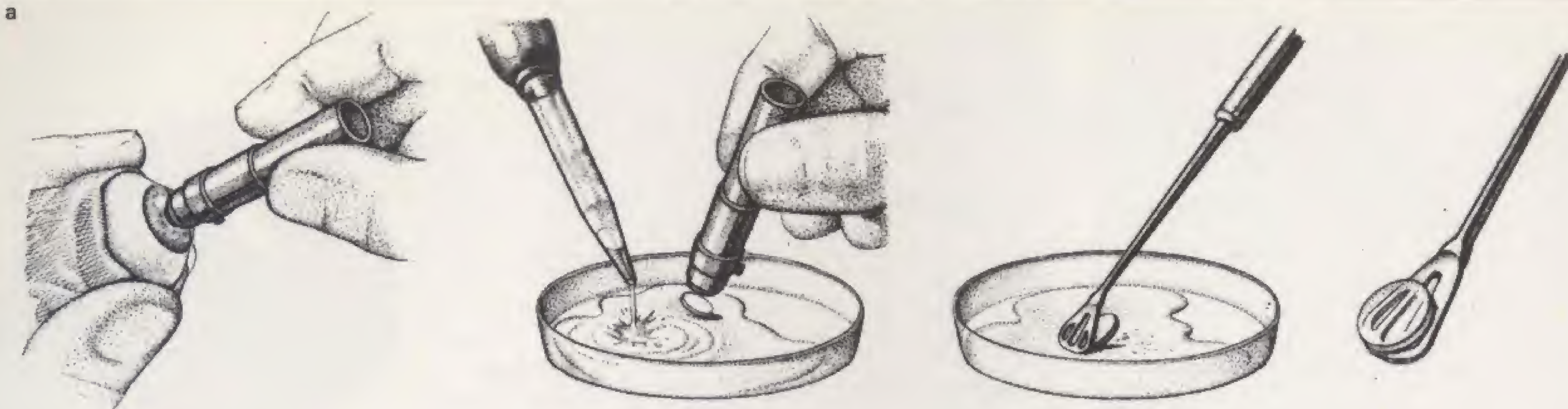
logra trasplantar con éxito un riñón entre gemelos univitelinos en el Peter Brigham Hospital de Boston; y, en 1967, se lleva a cabo el primer trasplante de corazón humano, realizado por el cirujano sudafricano Christian Barnard, en el Groote Schuur Hospital de Ciudad del Cabo.

El riñón El riñón fue el primer órgano humano trasplantado, mediante una intervención relativamente sencilla. El riñón

que se va a trasplantar puede proceder tanto de una persona viva como de un cadáver, pero, sin ninguna duda, es preferible disponer de un donante vivo, y, si es posible, un pariente del enfermo.

La razón para esta preferencia radica en que en el organismo existe un sistema inmunológico que reacciona, mediante un complejo mecanismo de defensa, contra las infecciones y los tejidos extraños. Desafortunadamente, este sistema es incapaz



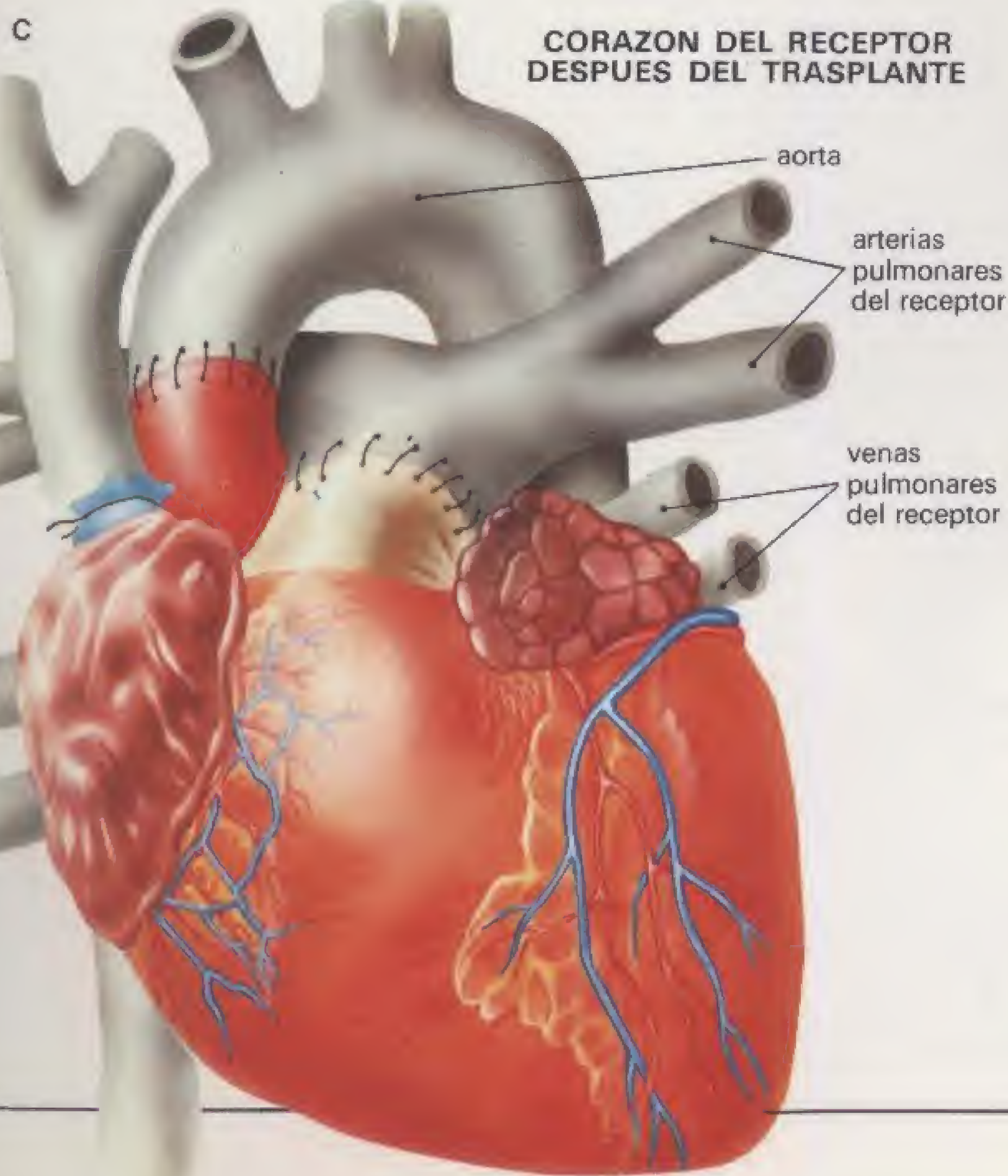
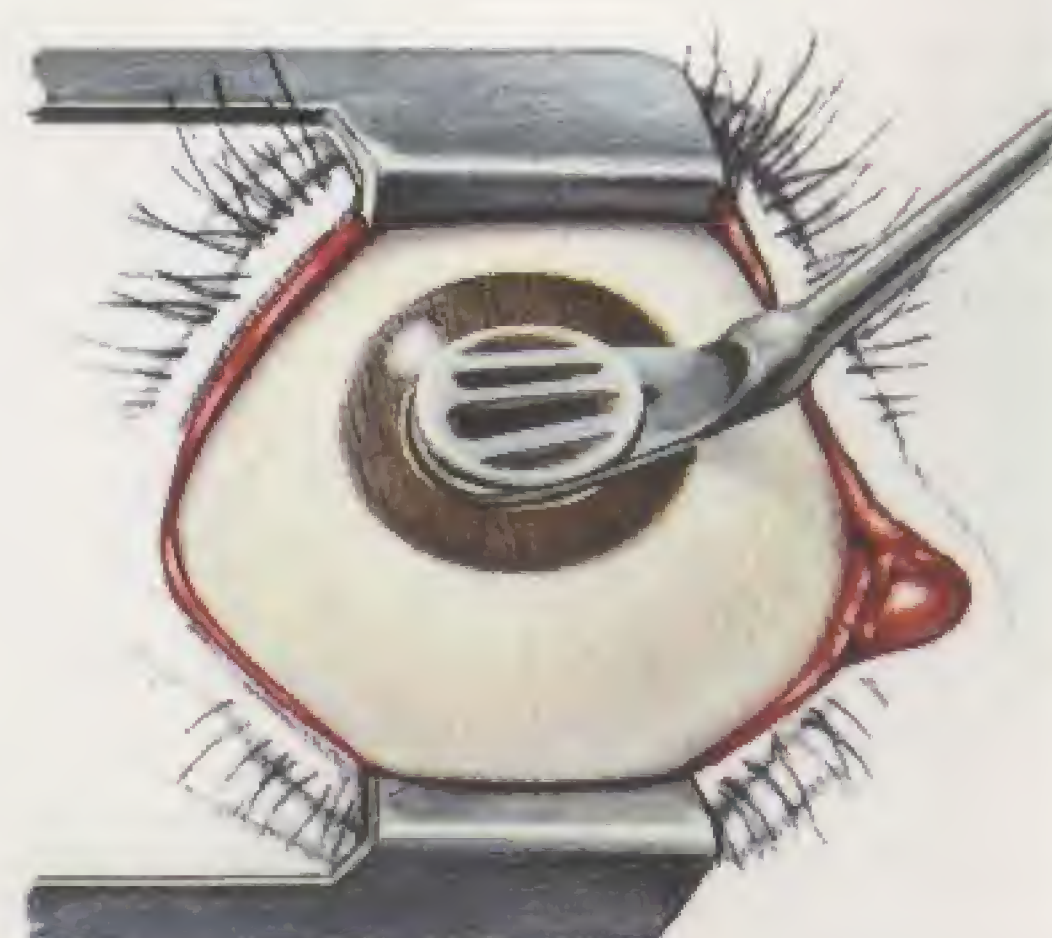
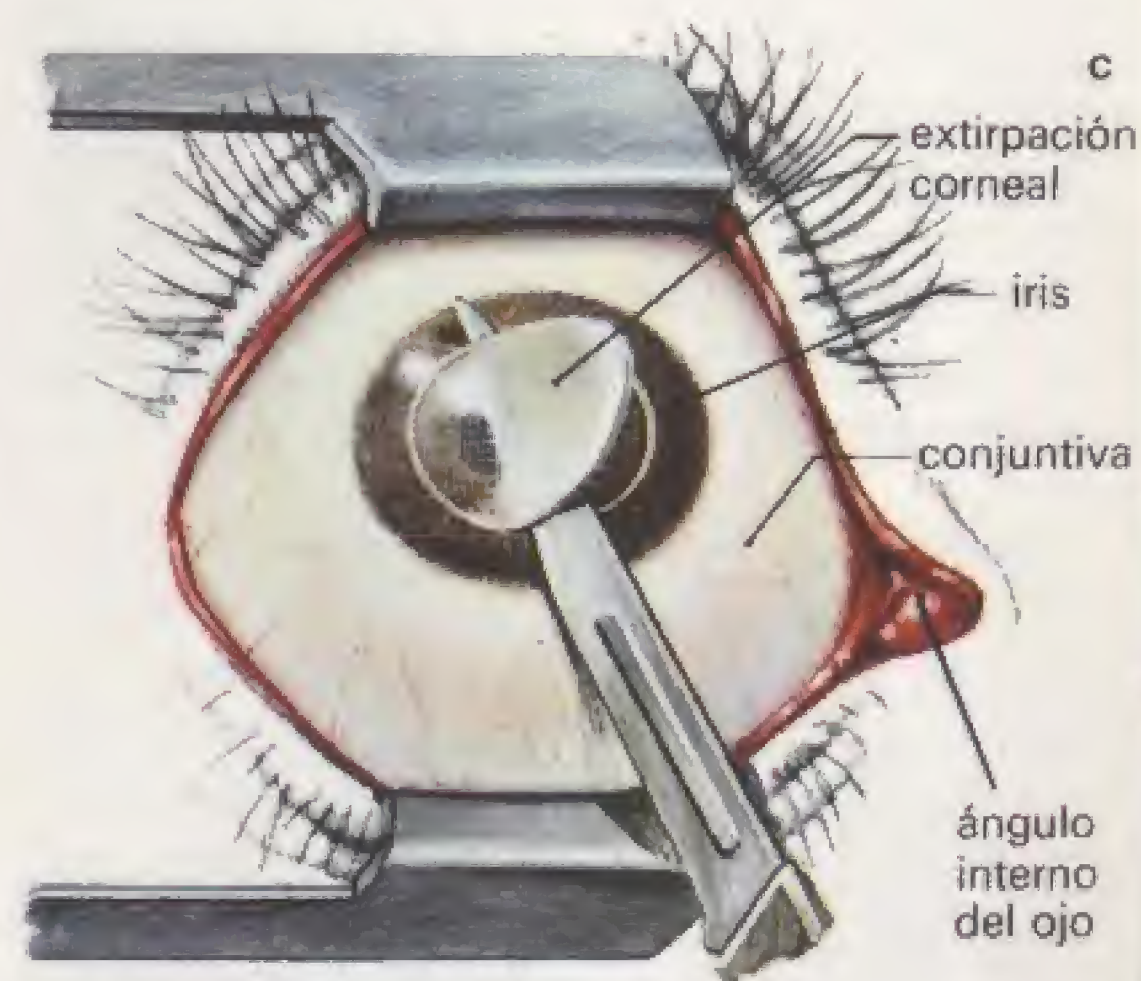
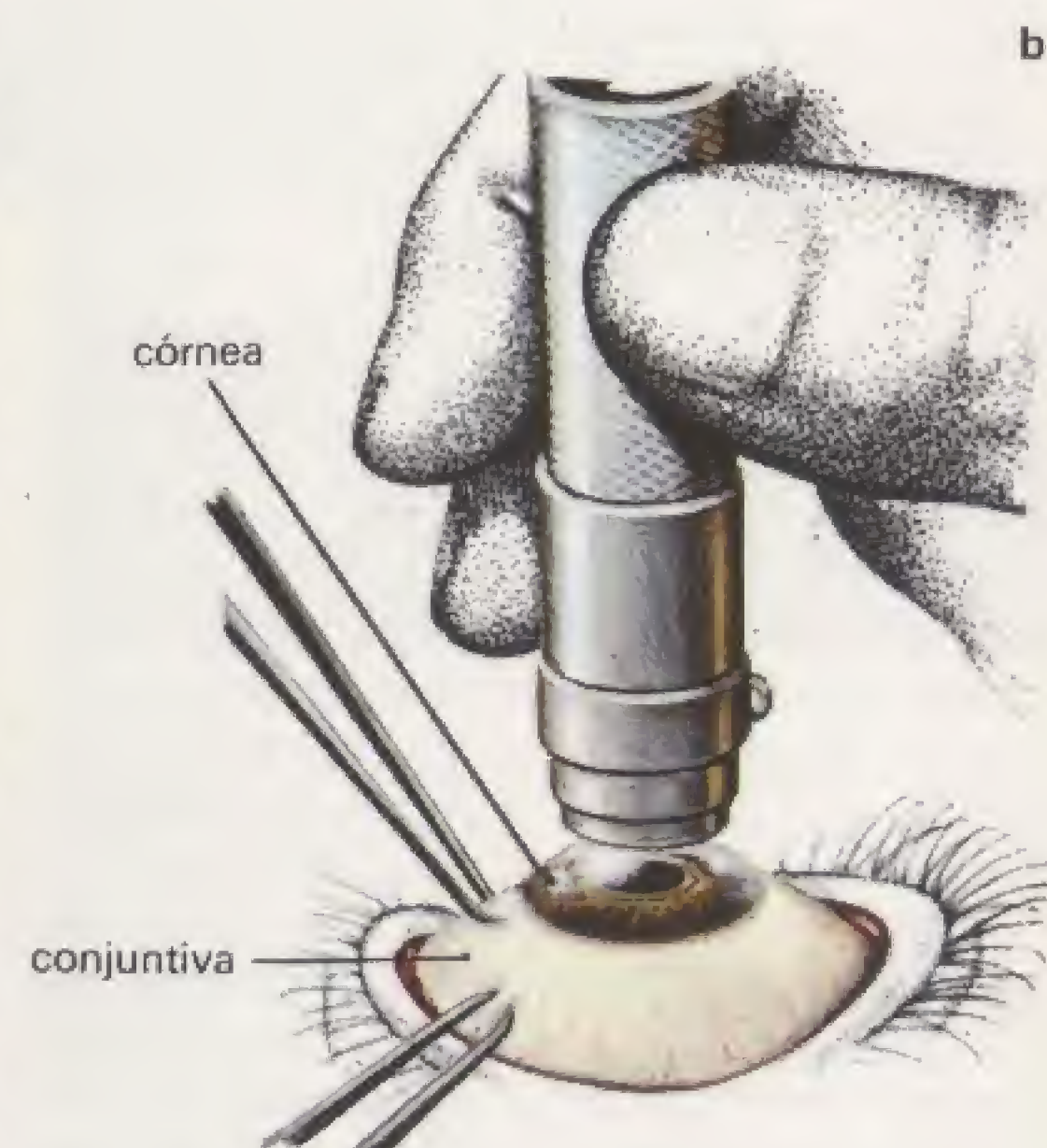


de distinguir entre microorganismos patógenos infecciosos y órganos injertados capaces de salvar la vida. El sistema inmunológico atacará al órgano injertado igual que si se tratase de una infección. Contando con la probabilidad de que un paciente posea un sistema inmunológico genéticamente parecido al del receptor del trasplante, el órgano donado por aquél puede no ser rechazado tan violentamente del organismo del huésped. En todos los casos se administran fármacos inmunosupresores que inhiben la actividad del sistema inmunológico. Sin embargo, aunque estos compuestos otorgan al órgano trasplantado mayores posibilidades de supervivencia, aumentan también la vulnerabilidad del organismo a las infecciones. Por todo ello, es absolutamente imprescindible un tratamiento postoperatorio en un ambiente rigurosamente estéril. Una vez resueltas las eventuales complicaciones, el paciente puede ser dado de alta y, sometido a un tratamiento continuo con inmunosupresores, será capaz de reemprender una vida normal.

Corazón, hígado, pulmones Después de la II Guerra Mundial se hicieron gran-

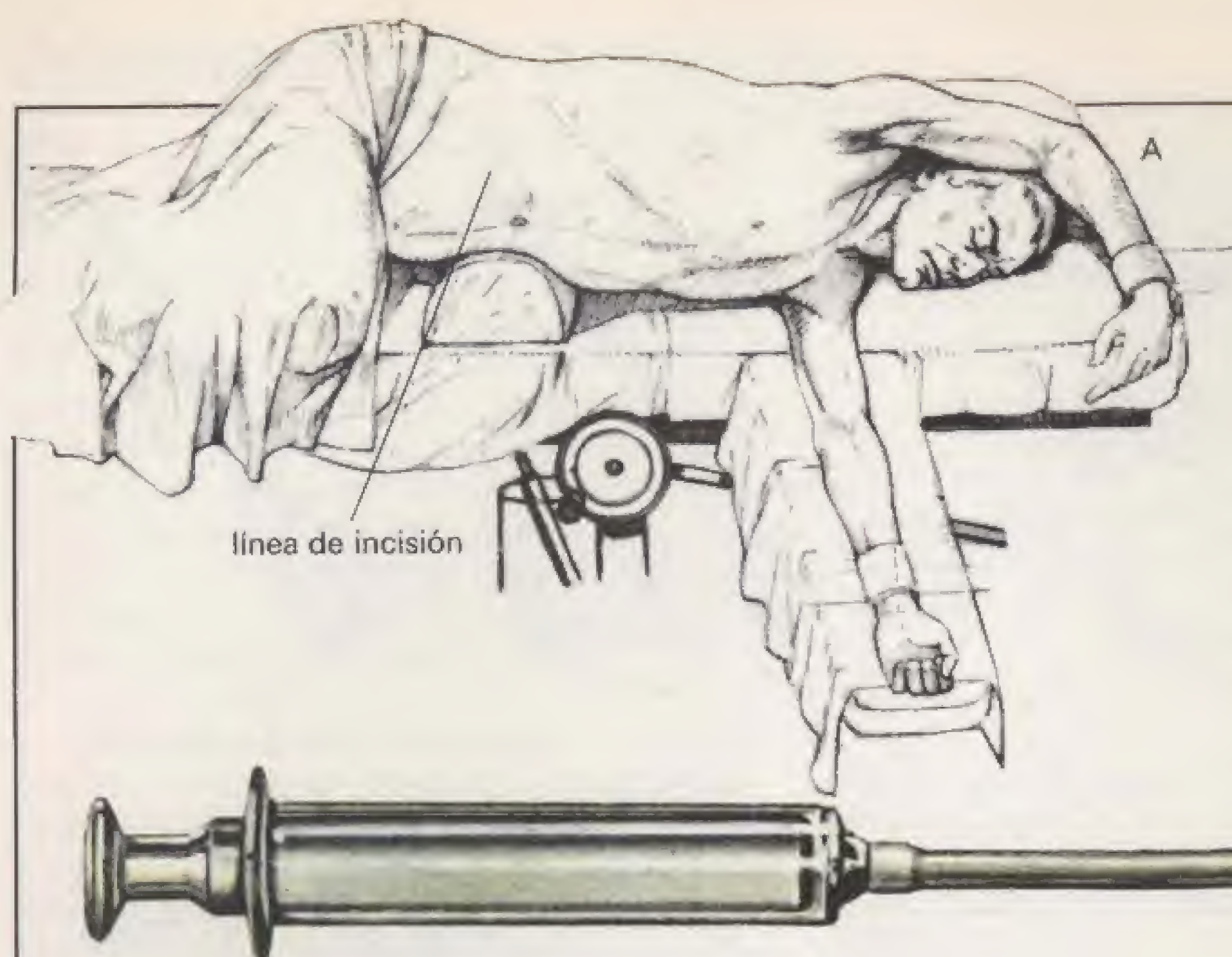
des progresos en las operaciones directas sobre el corazón. Estos progresos, junto con los experimentos de trasplantes realizados en animales, han constituido el fundamento de la revolución quirúrgica de los trasplantes de corazón. No obstante, los problemas de rechazo en este tipo de intervenciones son mayores que los relacionados con los de riñón. Las células responsables de las reacciones inmunológicas emigran al músculo cardíaco, le dañan y bloquean la arteria coronaria, privando al corazón de la circulación sanguínea. Las probabilidades de rechazo de un corazón son mayores que las de un riñón, probablemente porque el primero debe proceder necesariamente de un cadáver. Incluso con un tejido y un grupo sanguíneo lo más parecido posible, nunca se podrá conseguir una combinación perfecta. Por otra parte, el corazón es muy sensible a la falta de sangre y debe ser extirpado del donante y trasplantado lo más rápidamente posible.

Las dificultades inherentes al trasplante hepático son aún mayores, ya que el hígado es un órgano muy grande y de estructura muy compleja. Tanto su extirpación del cadáver como su implantación en



CORAZON DEL RECEPTOR DESPUES DEL TRASPLANTE

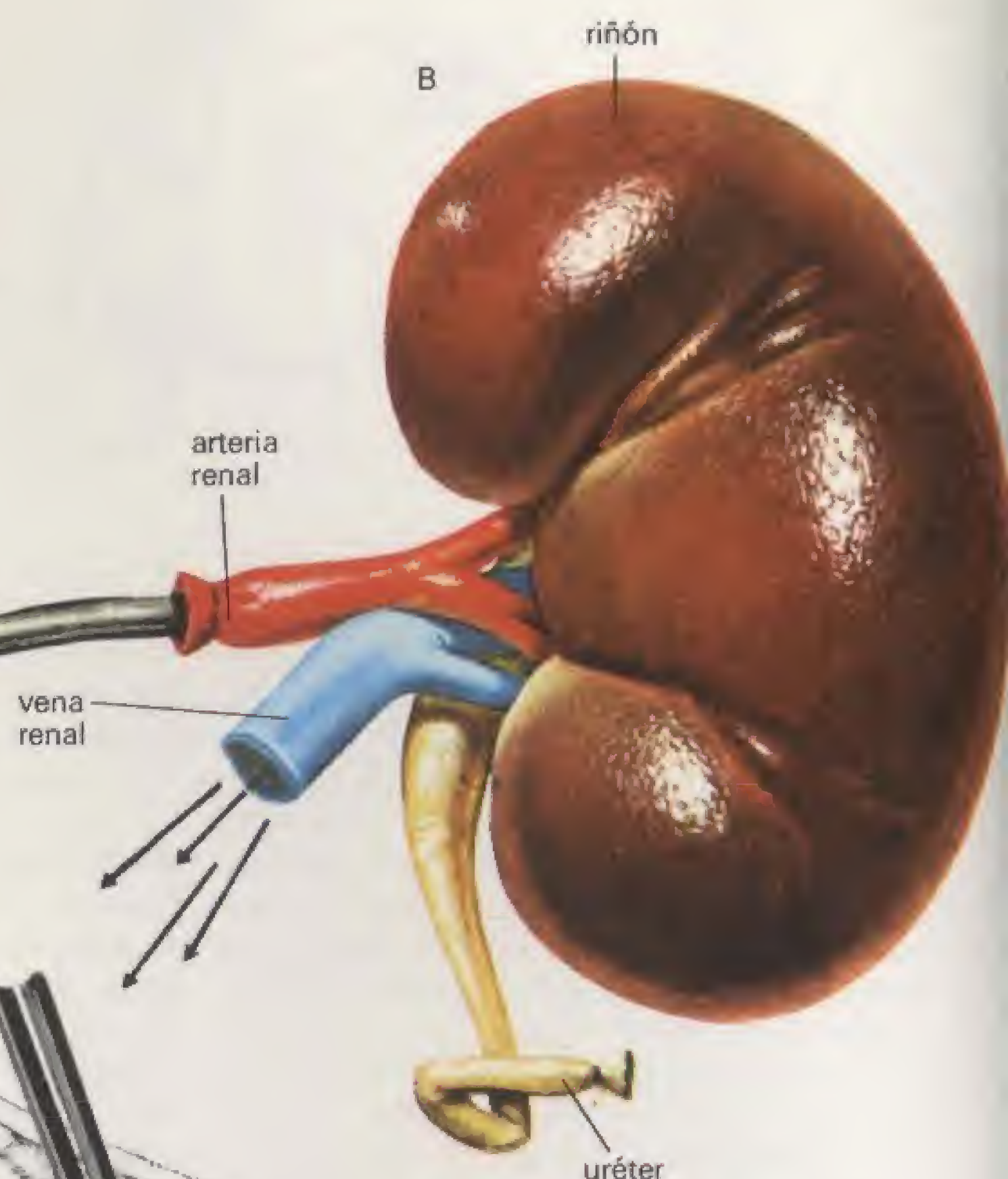
En A, partes esenciales del corazón del receptor que se conservan y parte que, tras canularlo para la circulación extracorpórea, se extirpa (en gris). En B, se mantienen las dos aurículas de la cavidad pericárpica en las que desembocan los grandes vasos sanguíneos. En C, cara anterior del corazón del receptor después del trasplante. Arriba y a la derecha, trasplante de córnea. La córnea del donante se introduce en un recipiente, que contiene agua esterilizada, hasta el momento del trasplante (a). El cirujano, por medio de un trépano, practica una incisión sobre la córnea del ojo enfermo, del mismo diámetro que la realizada sobre la córnea del donante (b); después, extrae mediante un bisturí la córnea enferma (c) y la sustituye por la córnea del donante (d).



línea de incisión

A

B



arteria renal

vena renal

riñón

uréter

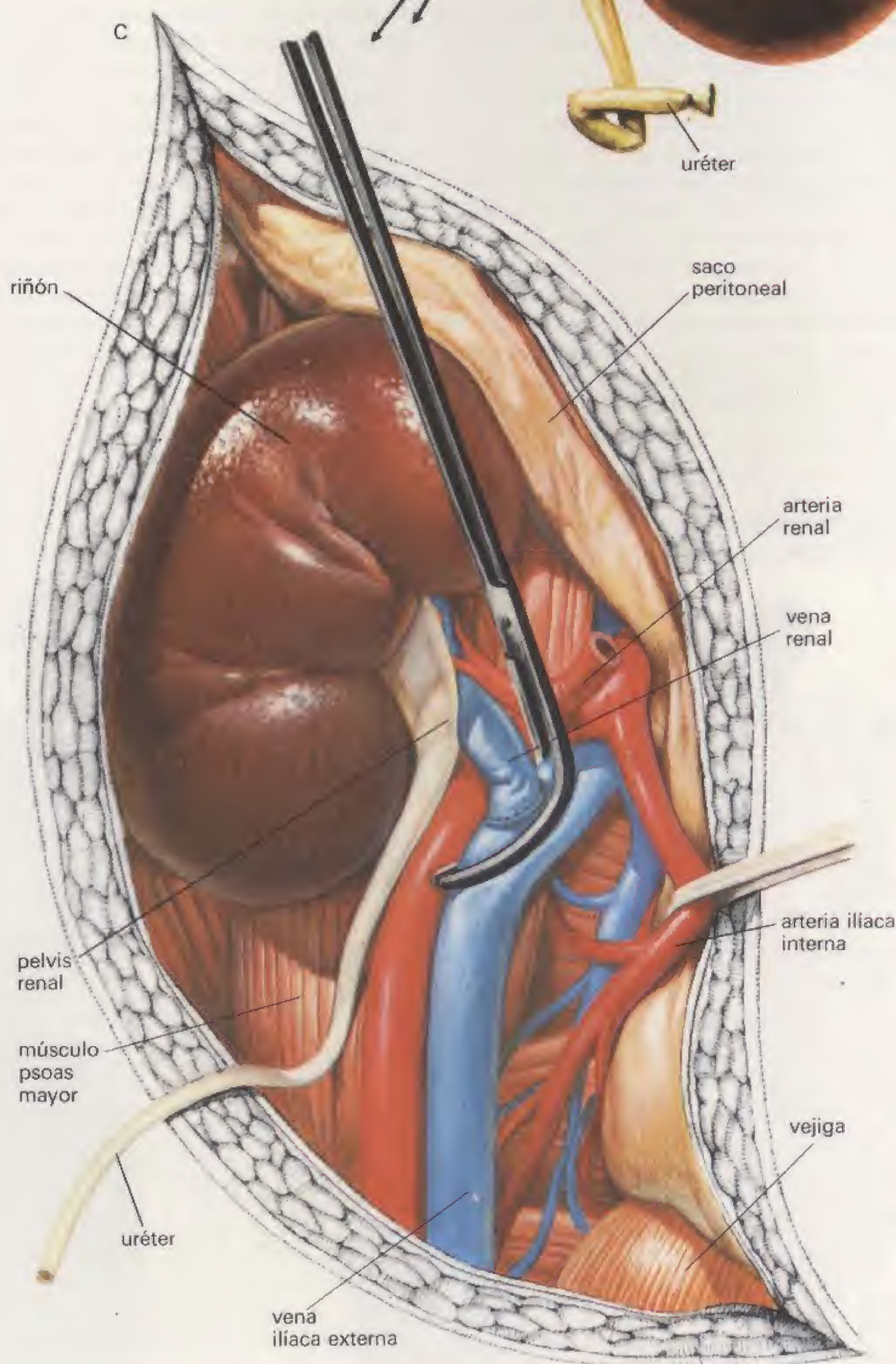
el receptor son intervenciones quirúrgicas complicadas que deben ser efectuadas muy rápidamente, dado que el hígado, al igual que el corazón, es muy sensible a la falta de oxígeno. Una vez trasplantado, el hígado debe funcionar inmediatamente; en caso contrario, tendrá lugar la muerte del paciente, ya que no existe ningún hígado artificial que pueda desarrollar las funciones del órgano extirpado.

También el trasplante de pulmón es una operación bastante difícil: a causa de su función principal —inhalar y expulsar el aire—, este órgano se encuentra muy expuesto a las infecciones, riesgo que se agrava por la utilización de los inmunosupresores, necesarios para combatir el rechazo. Por otro lado, es absolutamente necesario no dañar las terminaciones nerviosas que unen los pulmones con el sistema nervioso central, ya que regulan la respiración. Desde el año 1963 hasta la actualidad, se han realizado menos de cien trasplantes de pulmón.

Desarrollos recientes A finales de los años sesenta reinaba un gran optimismo en torno a los trasplantes de órganos, realizándose numerosas intervenciones. Sin embargo, el número de éstas disminuyó notablemente a comienzos de los años setenta, debido a que los problemas de rechazo tenían como consecuencia un bajo porcentaje de trasplantes con éxito. Recientemente, con el descubrimiento y utilización de la *ciclosporina*, un fármaco inmunosupresor, se han incrementado las intervenciones de trasplantes y su porcentaje de éxitos. El porcentaje de los trasplantes de hígado con éxito en los niños, referido a un año, ha aumentado desde el 38% al 70%; en los adultos desde el 27% al 68%. En la actualidad, después de un año de la intervención, cerca del 80% de los riñones trasplantados (de donante fallecido) funcionan aceptablemente, mientras que hace pocos años este porcentaje era de aproximadamente un 50%.

Véase Corazón; Cuerpo humano; Hígado; Injerto (Medicina); Inmunidad; Organos, banco de; Pulmón; Riñón

C



riñón

saco peritoneal

arteria renal

vena renal

arteria iliaca interna

vejiga

pelvis renal

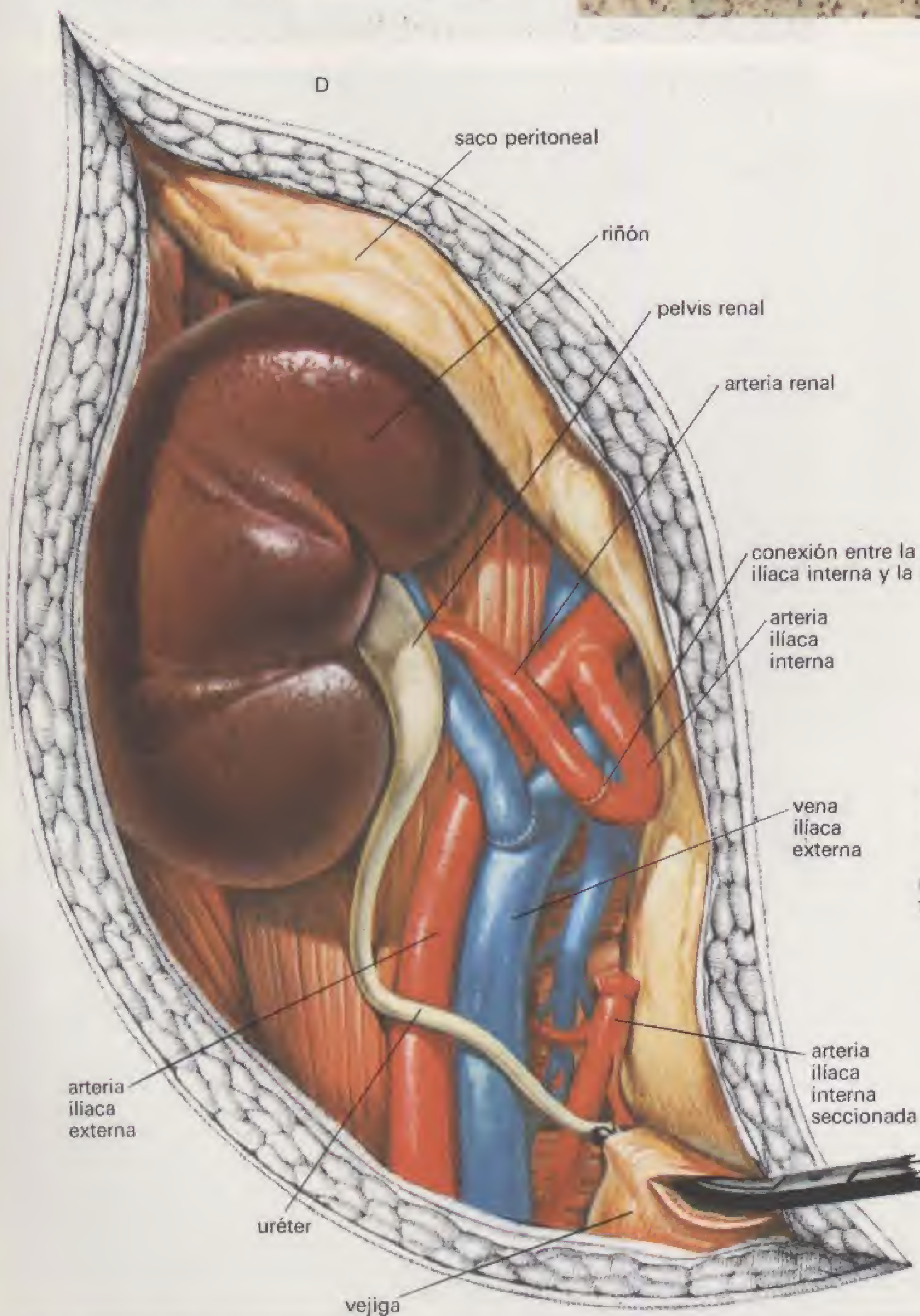
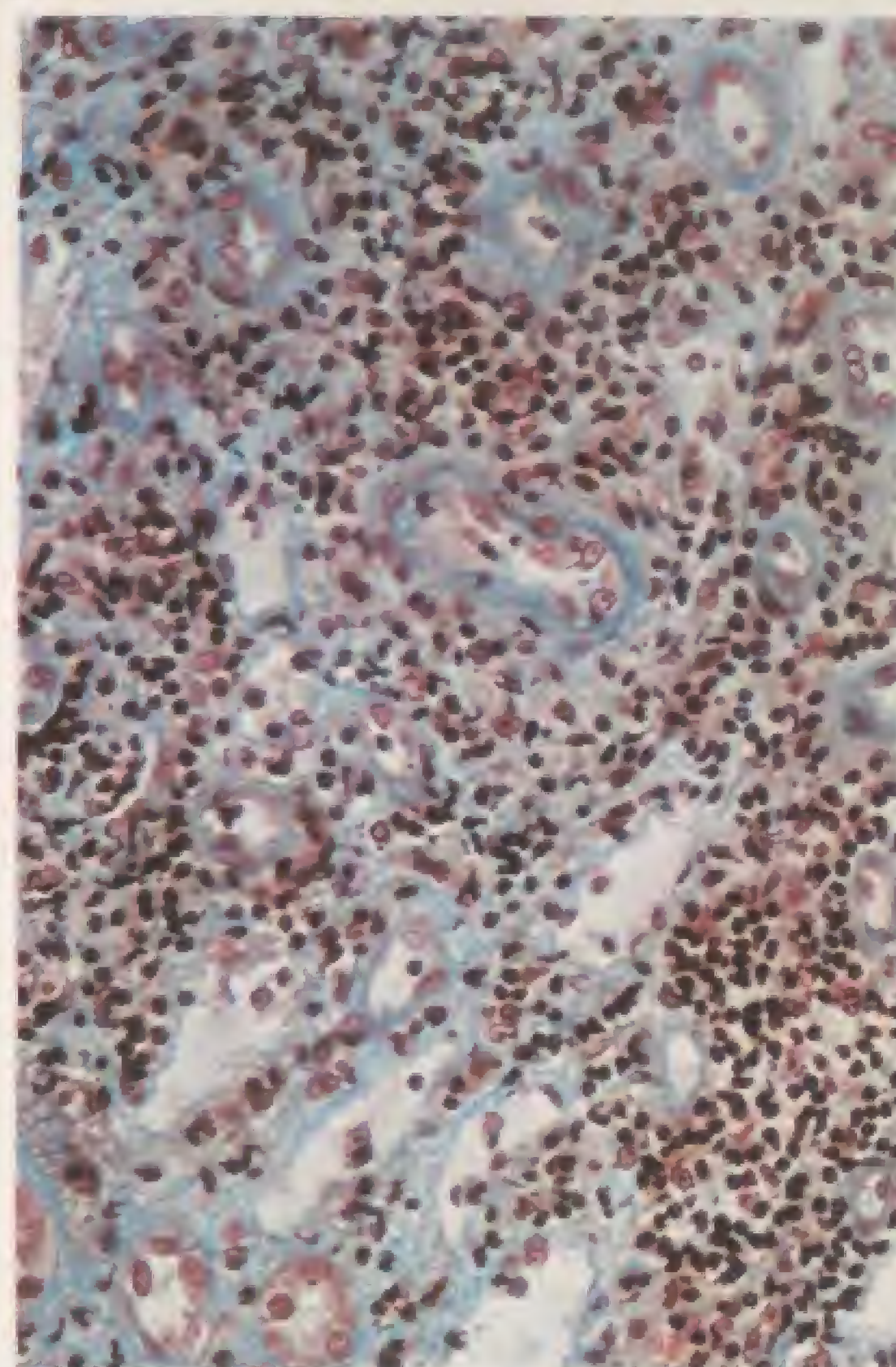
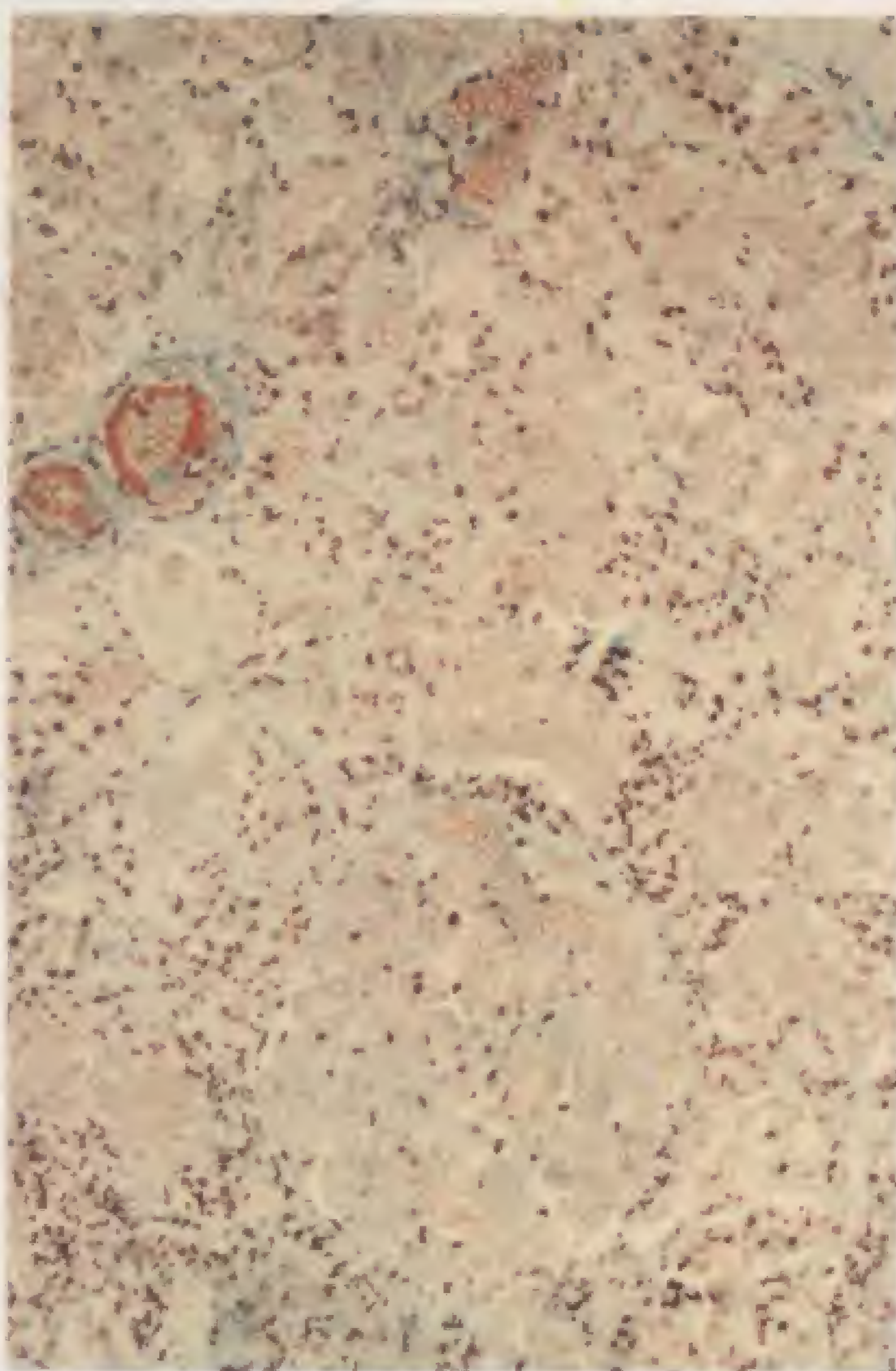
músculo psoas mayor

uréter

vena iliaca externa

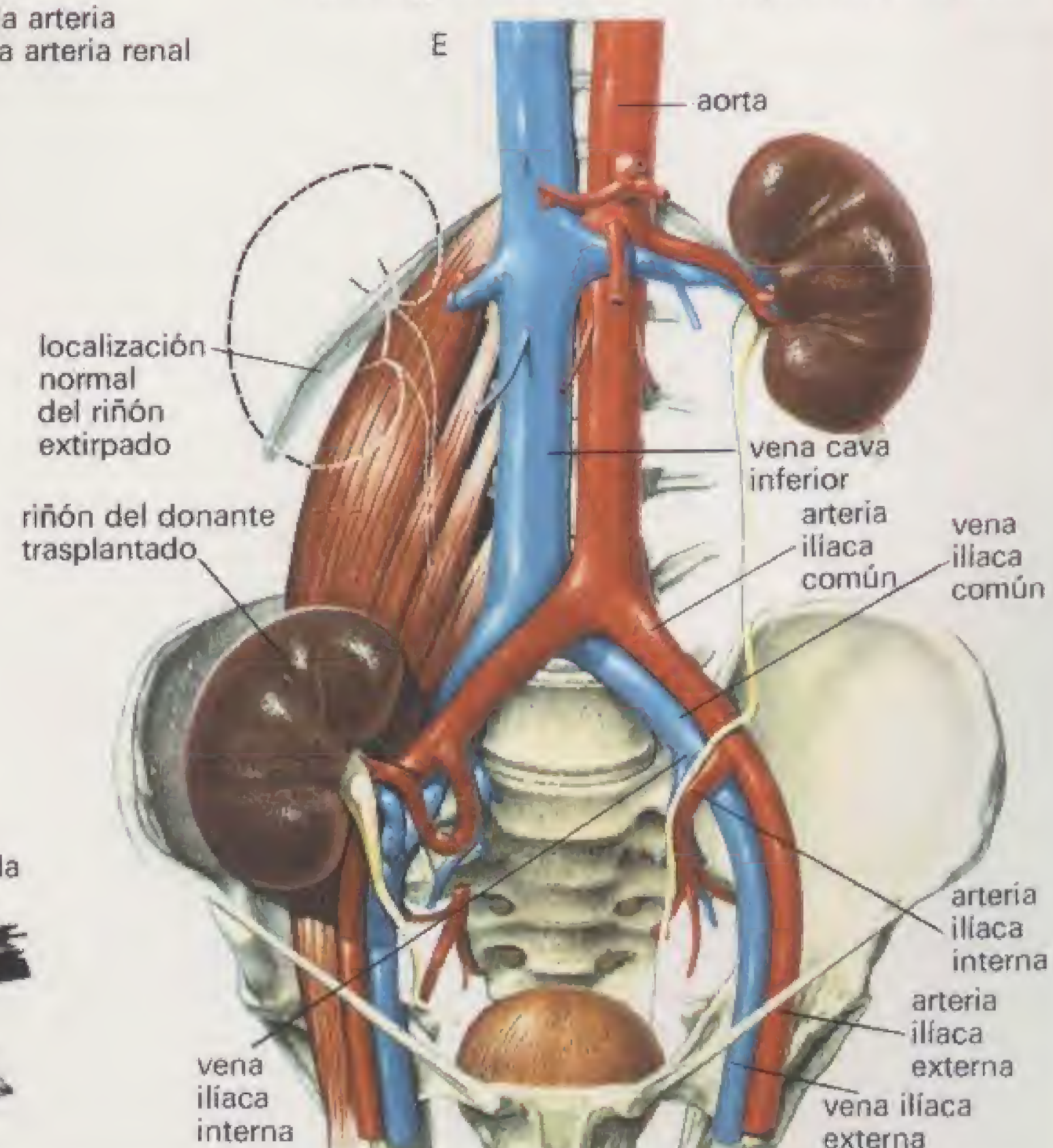
En la página anterior, algunas fases de un trasplante renal. A: posición del receptor en la mesa de operaciones. La incisión pondrá al descubierto tanto la región lumbar como la fosa iliaca. B: el riñón extirpado al donante se somete a una solución adecuada que sirve para eliminar la sangre del donante contenida en los vasos. El líquido, introducido en la arteria renal mediante una cánula, recorre las vías de la corriente sanguínea y es expulsado a través de la vena renal. C: unión entre la vena renal del donante y la vena iliaca común del receptor. D: unión entre la arteria renal del donante y la arteria iliaca interna del receptor. El uréter se inserta directamente

en la vejiga. E: trasplante renal finalizado. En la ilustración se pueden ver el uréter, trasplantado en la parte lateral de la cúpula vesical, y las posiciones adquiridas por los vasos ilíacos y renales después de las conexiones. Los lugares en los que puede colocarse el riñón en el receptor y las técnicas quirúrgicas para realizar la intervención son múltiples. Sin embargo, con frecuencia se elige la localización iliaca, dado que en este punto las anastomosis vasculares son fáciles. Después del trasplante es preciso evitar, mediante la administración de determinados fármacos, las infecciones y la reacción de rechazo.



Sobre estas líneas, a la izquierda, rechazo hiperagudo en el que todas las estructuras son destruidas por un proceso necrótico que tiene lugar a los pocos minutos o pocas horas del injerto. Se debe a la presencia de anticuerpos humorales, existentes ya en el receptor, que reaccionan violentamente frente al órgano extraño. Con objeto de evitar este tipo de rechazo se realizan pruebas antes del trasplante para poner de manifiesto la eventual presencia de anticuerpos contra los

tejidos del donante. Estas pruebas, denominadas "pruebas cruzadas", se realizan poniendo en contacto el suero del receptor con los linfocitos del donante. A la derecha, rechazo agudo en el que se observa cómo numerosos linfocitos y células plasmáticas han invadido los espacios intersticiales. La frecuencia de este tipo de rechazo, ligado sobre todo a la inmunidad de tipo celular, es particularmente intensa en los primeros meses después del trasplante.



Tratamientos térmicos

Si se coge un trozo de pollo crudo y se introduce en el horno por un cierto tiempo, se puede apreciar un cambio radical. La carne, que antes era blanda y roja, se va haciendo más consistente y oscura. Por efecto del calor, se ha producido una mutación en la microestructura del pollo (la configuración de los átomos en sus moléculas). También la estructura macroscópica de las fibras que podemos observar a simple vista se ha alterado. En efecto, podemos decir que el pollo ha sufrido una forma de tratamiento térmico.

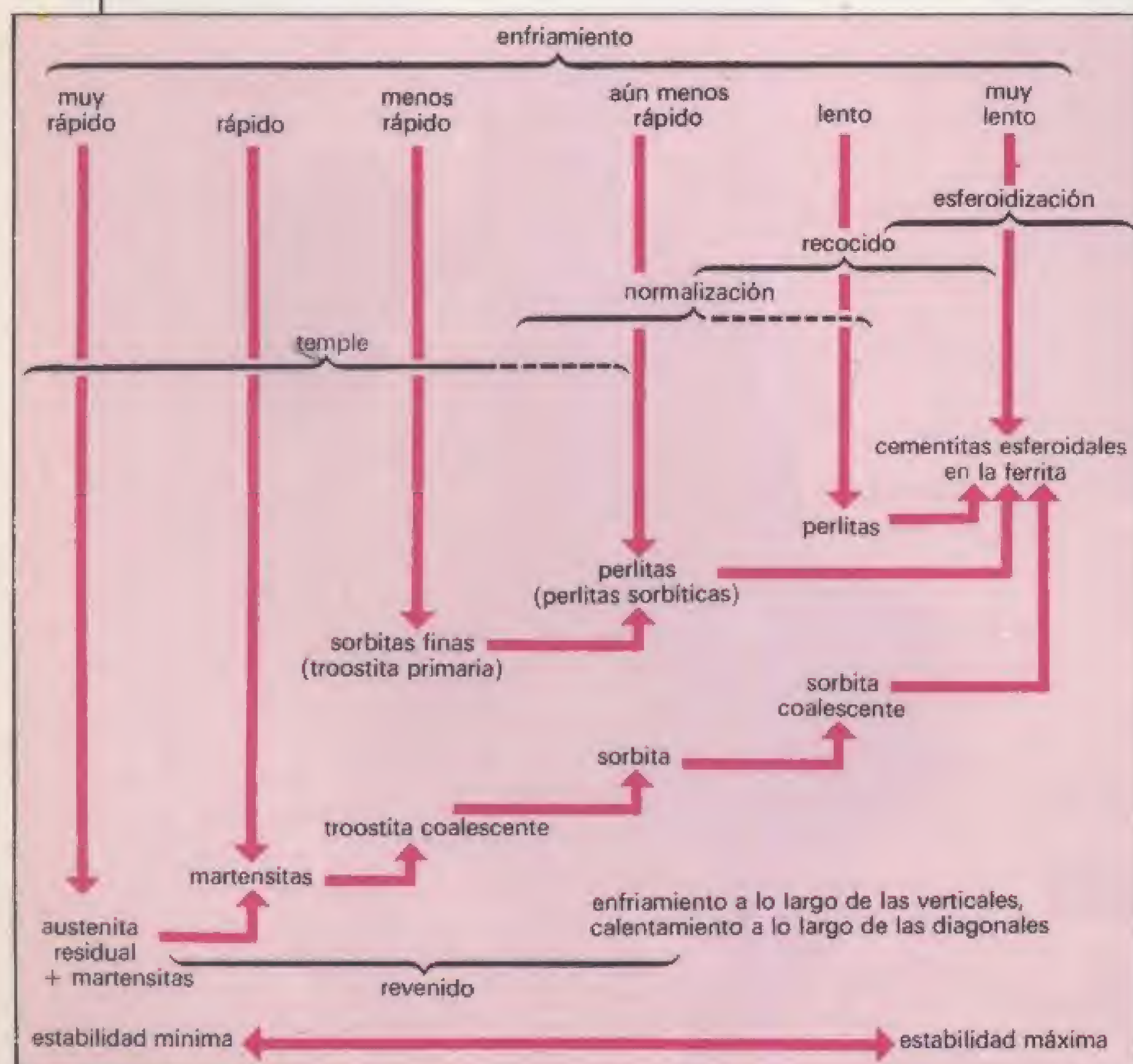
En general, el tratamiento térmico es un proceso asociado a la metalurgia (que se ocupa de la elaboración de los metales, de sus escorias y de sus aleaciones), aunque puede ser aplicado a otros materiales. Es una ciencia exacta que requiere un control riguroso sobre las temperaturas, que pueden alcanzar valores superiores a los 1.400 °C. Durante el tratamiento térmico el metal es sometido a una temperatura muy elevada, aunque siempre inferior a su punto de fusión, y después es enfriado de un modo específico.

Los cuatro tipos principales de tratamiento térmico son: el recocido, la normalización, el recocido de distensión y el temple. Cada uno de estos métodos es utilizado para obtener cambios específicos en las propiedades del metal tratado.

Recocido y normalización El *recocido* y la *normalización* son dos procesos utilizados para reblandecer los metales. En el recocido, el metal es calentado a una alta temperatura, que se mantiene constante durante un cierto tiempo para garantizar una distribución uniforme del calor en toda la pieza. Después es enfriado lentamente, a una velocidad cuidadosamente determinada. El mantenimiento de esta velocidad es crucial para la obtención de

El temple representa una de las formas más antiguas de tratamiento térmico, y también, quizá, una de las más importantes. En la fotografía de la derecha, arriba, puede observarse una operación de temple por inducción de alta frecuencia donde la zona de la pieza que se quiere templar está situada en el interior de un campo magnético, creado por una bobina inductora a través de la cual pasa una corriente eléctrica alterna de alta frecuencia. En la pieza es inducida una corriente que la calienta hasta que alcanza la temperatura de temple. Posteriormente, el agua procedente de las tuberías que se observan a la izquierda es derramada sobre la pieza, lo que da lugar a un rápido enfriamiento de la pieza, y al temple de ésta.

En la fotografía de la derecha, temple de un eje con perfiles acanalados que tendrá que soportar el peso de un grupo de engranajes.



A la izquierda, procesos de enfriamiento de un acero al carbono, correspondientes a los tratamientos térmicos de: temple, normalización, recocido y esferoidización. A medida que disminuye la velocidad de enfriamiento se forman compuestos hierro-carbono diferentes, hasta alcanzar un compuesto de estabilidad máxima.

los cambios deseados en las propiedades. Un metal recocido de forma apropiada será más blando, habrá reducido las tensiones internas (las torsiones, los esfuerzos y las presiones que existen en su estructura interna o entramado cristalino, y habrá aumentado su ductilidad (la propiedad por la cual un metal se presta a ser estirado y convertido, por ejemplo, en hilos). En el proceso de normalización se calienta el metal a una temperatura superior a la aplicada en el recocido; después se deja enfriar lentamente al aire libre. Este procedimiento de enfriamiento lento me-

jora la estructura interna del metal, haciéndola más uniforme.

Para disminuir las tensiones internas en un metal, se hace uso de un proceso similar al del recocido, aunque el tratamiento es realizado a temperaturas un poco inferiores. El metal es mantenido a una temperatura predeterminada hasta que el conjunto de toda la pieza alcanza dicha temperatura. Una vez enfriado, el material queda libre de muchas de las tensiones a las que estaba sometido anteriormente.

Temple El temple es, con mucha diferencia, el tipo de tratamiento térmico más común. Consiste en calentar el metal, que debe ser tratado a una temperatura más elevada que la del recocido; para algunos tipos de hierro esta temperatura puede alcanzar los 1.400 °C. Dicha temperatura es mantenida hasta que la mutación estructural deseada es uniforme en todo el material. Después, el metal es rápidamente enfriado, o "templado", por inmersión en aceite o agua. En algunos casos se usa el llamado proceso de envejecimiento artificial. Aunque también necesita de altas temperaturas, el envejecimiento arti-

ficial no hace uso del enfriamiento rápido, puesto que se hace de forma que el enfriamiento interno tenga lugar en un largo período de tiempo, en el curso del cual las reacciones químicas entre los elementos que forman la aleación metálica cambian su microestructura con la separación o "precipitación" de nuevas partículas. A menudo basta con templar la superficie del metal. En este caso se suele hacer uso de una llama o de ondas de radio de alta frecuencia (hasta 70.000 Hz) que permiten elevar, únicamente, la temperatura superficial. Si después es enfriado rápidamente por inmersión en aceite o agua, el metal adquirirá una superficie dura, pero mantendrá un núcleo relativamente blando y deformable.

Otros materiales Aunque son los metales las sustancias a las que más comúnmente se aplican los tratamientos térmicos, también pueden ser tratados otros materiales. Por ejemplo, se hace uso de un horno a alta temperatura para efectuar las modificaciones químicas y microestructurales que endurecen las arcillas y otras cerámicas. Si se obra con cautela, tales cam-

bios pueden ser realizados sin romper o fragmentar el objeto. También el vidrio necesita ser recocido previamente para eliminar las tensiones que se crean en el curso de su fabricación. El proceso de enfriamiento debe ser controlado con gran atención, puesto que algunos tipos de vidrio son muy quebradizos y se resquebrajan si son enfriados muy rápidamente o de manera no homogénea.

Hay que señalar que el tratamiento térmico cambia sólo algunas de las propiedades de los materiales. El hierro, después de haber experimentado los cambios microestructurales provocados por el calentamiento a 1.400 °C y posterior enfriamiento rápido, sigue siendo hierro, sólo que más duro. Por la misma razón, el pollo, cocido durante un cierto tiempo en un horno a 180 °C, sigue siendo pollo, sólo que cocido y listo para ser comido.

Véase Acero; Aleación; Hierro; Vidrio

Aquí abajo, a la izquierda, una estructura austenítica, aumentada 2.600 veces, característica de aceros que han experimentado un temple muy completo. Los cristales son bien visibles gracias a la iluminación rasante. A la derecha, fase de recocido de una

plancha de acero, mediante *open-coil*, con un horno de campana, donde se alcanzan temperaturas del orden de los 600 °C.



Tren de laminación

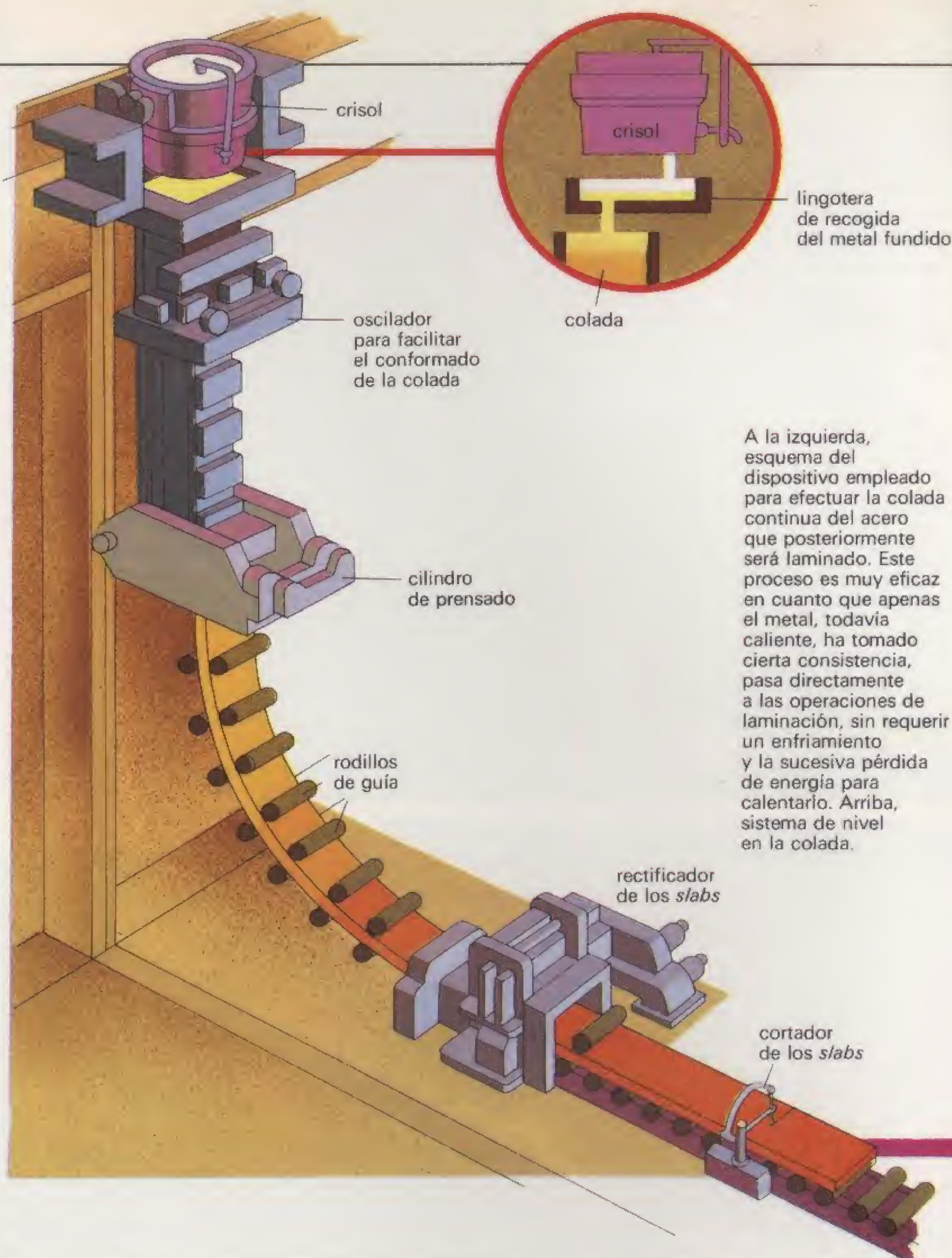
Los productos obtenidos a partir de un proceso de laminación forman parte importante de nuestro entorno cotidiano: los papeles de aluminio o de estaño utilizados para las más variadas aplicaciones, los tubos empleados para conducciones, las carrocerías y los bastidores de automóviles y camiones, las vigas de soporte para edificios y puentes, el menaje de cocina, así como las distintas piezas de muchos tipos de maquinaria pesada, como barcos, locomotoras, grandes aviones y, en el campo militar, carros de combate y piezas de artillería.

Los primeros laminadores accionados por molinos de agua se utilizaban ya en 1500 para laminar las hojas de oro y plata que, posteriormente, eran empleadas para producir monedas de espesor uniforme. La invención de la máquina de vapor, en 1777, y la subsiguiente revolución industrial, en el siglo XIX, hicieron posible, y también necesaria, la laminación de los metales, utilizando para ello instalaciones de gran potencia que pudiesen hacer frente a una demanda que crecía al multiplicarse el número de maquinarias y estructuras que requerían de chapas de acero para su fabricación.

En la actualidad, aunque son frecuentes los laminadores de una sola *caja*, formada por un juego de rodillos, lo más normal es encontrar la unión de dos o más cajas para formar un *tren de laminación*. A menudo, todas las cajas de un tren suelen trabajar simultáneamente sobre la misma pieza.

Desde la plancha hasta el hilo Casi todos los metales y sus aleaciones pueden laminarse tanto en caliente como en frío. El laminado en caliente es el procedimiento más antiguo y utilizado. Se realiza a altas temperaturas, con lo que se logran mayores reducciones; sin embargo, la temperatura elevada facilita la formación de óxido. El laminado en frío ha adquirido gran auge en los últimos años, ya que produce un acabado más fino. Mediante estos procesos pueden producirse directamente piezas acabadas o, en combinación con otros métodos como el forjado, el corte bidimensional o la elaboración tridimensional, darse al metal una forma determinada. Para laminar productos planos, como pletinas, chapas, barras y planchas, se utilizan laminadores con rodillos totalmente cilíndricos. Las reducciones de espesor sucesivas se obtienen variando la separación entre aquéllos. De esta manera se pueden obtener productos acabados que van desde chapas de 300 mm de espesor, para ingeniería pesada, hasta flejes de unos pocos micrómetros de espesor para la industria electrónica. Las pletinas se pueden perfilar posteriormente para utilizarlas, por ejemplo, como marcos de ventanas; las chapas pueden transformarse en conducciones para el aire acondicionado.

Las barras, que generalmente tienen una sección transversal inferior a 25 cm, pueden ser rectangulares, hexagonales o tener una forma determinada, como la de los raíles de ferrocarril. Estas piezas se



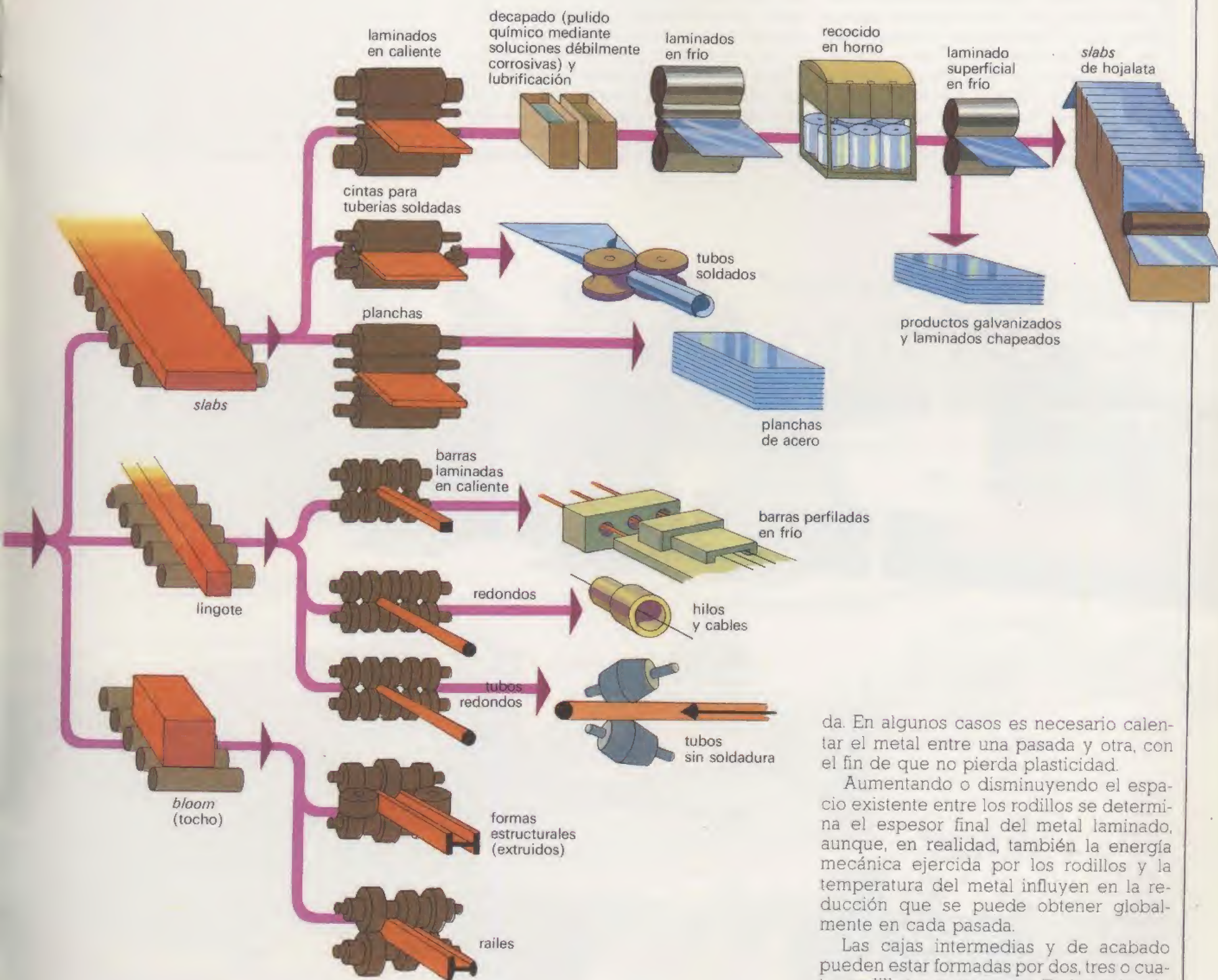
pueden perfilar y reducir nuevamente de sección hasta obtener formas transformables en hilos mediante una nueva reducción de la sección transversal y un proceso de trefilado.

Los trenes de laminación para perfiles producen "secciones" especiales, como por ejemplo vigas en I o en Z, empleadas para la construcción de estructuras pesadas: puentes, rascacielos y torres de alta tensión.

Disposición de los rodillos El laminador consta esencialmente de dos rodillos que giran en sentido inverso y entre los cuales pasa el metal. Los rodillos hacen que éste avance al mismo tiempo que reducen su espesor. Generalmente, todos los rodillos tienen forma cilíndrica, pero su perfil exacto depende de la naturaleza del producto que se vaya a laminar.

En los trenes de laminación, formados por varias cajas, los rodillos de la caja de

desbaste hacen que el trozo de metal avance y retroceda entre los rodillos hasta un total de 30 veces antes de enviarlo a las cajas intermedias y de acabado. La pieza, después de pasar varias veces entre los cilindros, se gira 90° mediante un brazo mecánico y se deja deslizar sobre los bordes para que las posibles burbujas de gas, formadas en su interior, se reabsorban y la estructura del metal quede conformada y uniformemente comprimi-



A la izquierda, *slabs* camino del depósito de refrigeración antes del proceso de laminación discontinuo. Arriba, las posibles líneas de elaboración para los productos de colada continua. A la derecha

del esquema se ven las aplicaciones de las tres principales formas con las que se obtienen los productos de colada: *slab*, lingote y *bloom*. Los *slabs* son la materia prima de la que se parte para la

producción de laminados de diferente espesor. Los lingotes se emplean para fabricar trefilados de varios tipos, desde los utilizados en aplicaciones estructurales, hasta

los tubos sin soldadura e hilos. De los *blooms* (tochos) se parte para el laminado en caliente que formará perfiles para la construcción de edificios y la carpintería metálica.

da. En algunos casos es necesario calentar el metal entre una pasada y otra, con el fin de que no pierda plasticidad.

Aumentando o disminuyendo el espacio existente entre los rodillos se determina el espesor final del metal laminado, aunque, en realidad, también la energía mecánica ejercida por los rodillos y la temperatura del metal influyen en la reducción que se puede obtener globalmente en cada pasada.

Las cajas intermedias y de acabado pueden estar formadas por dos, tres o cuatro rodillos superpuestos. En las cajas de cuatro rodillos, dos rodillos de mayor diámetro soportan la acción de los otros dos de diámetro inferior. En las cajas de tres rodillos, el metal pasa primero entre el rodillo inferior y el intermedio, y después retrocede entre este último y el superior. Las cajas con seis o más cilindros se denominan cajas múltiples y se emplean para producir flejes muy delgados a partir de materiales de gran dureza.

Los cilindros pueden ser lisos, para obtener flejes y chapas, o acanalados, para la producción de palanquilla y perfiles especiales.

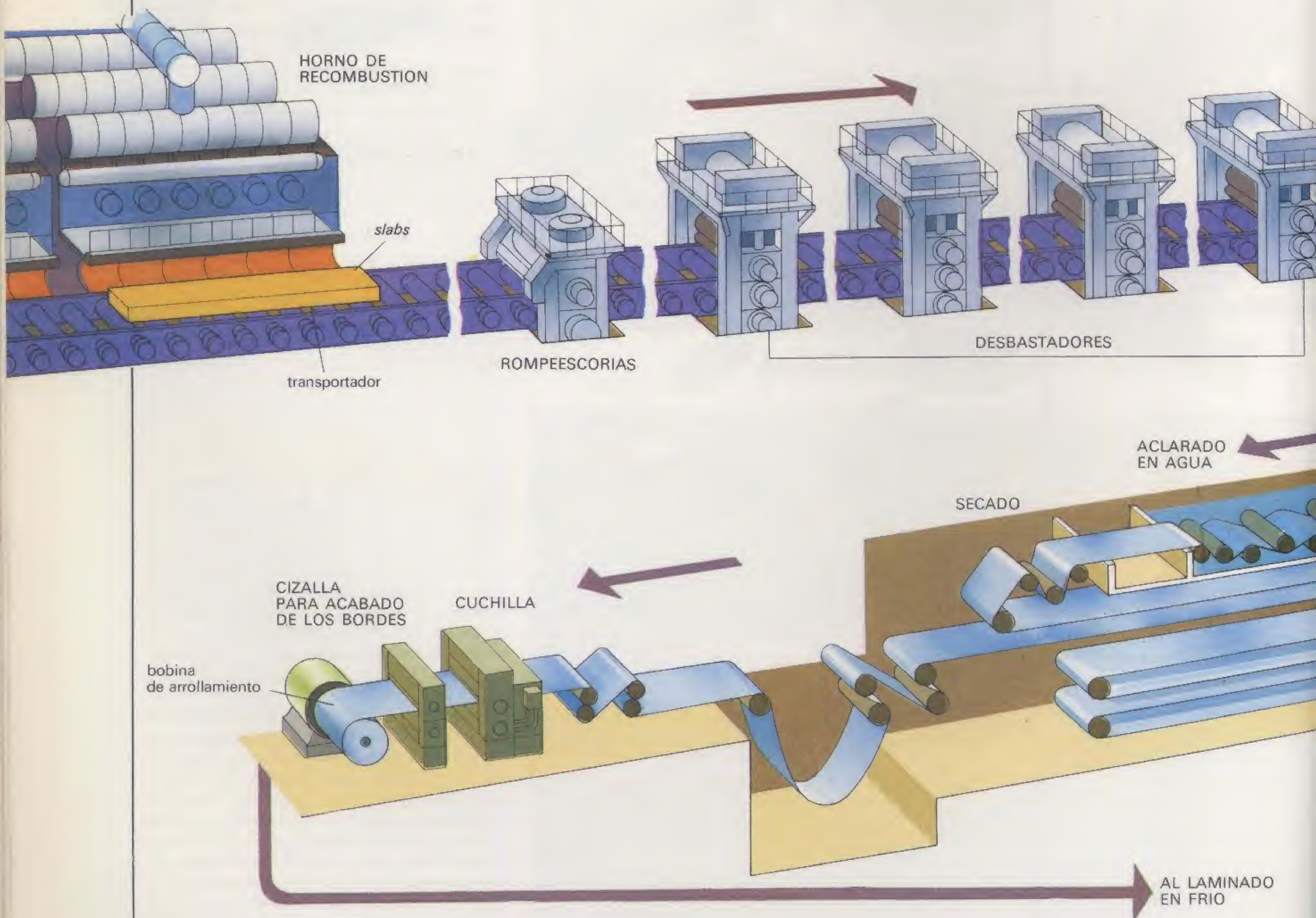
Rodillos resistentes Los rodillos están fabricados con hierro o acero adecuadamente endurecidos mediante procesos especiales. Tienen que resistir notables cargas mecánicas además de las altas temperaturas del metal a laminar y de la fricción superficial, que también es considerable. Puesto que el volumen de la pieza, cuyo espesor se va reduciendo progresivamente al ser comprimida entre los rodillos, debe permanecer constante, la pieza se alarga. El resultado es que sale de los rodillos a una velocidad mayor (90 km/h) que la de entrada. Por este motivo los rodillos y el metal sólo se mueven a la misma velocidad en el centro del arco a lo largo del cual entran en contacto; como

consecuencia, se produce un rozamiento considerable entre las superficies en los otros puntos de contacto.

Para las operaciones de laminado de planchas se emplean preferentemente rodillos de pequeño diámetro que, aunque se doblan y se rompen con mayor facilidad, consumen menos energía. Los rodillos pequeños soportados por otros más grandes son ideales para eliminar el fenómeno conocido como de "corona", como consecuencia del cual el centro de la pieza a laminar resulta de mayor espesor respecto de los bordes, ya que los rodillos se doblan ligeramente en su zona central debido al peso ejercitado por la carga.

Disposición de las cajas Algunos trenes de laminación pueden alcanzar una longitud, desde la caja de desbaste hasta la de acabado, de varios centenares de metros. En los laminadores *cross-country*

las cajas están distanciadas con el fin de dejar sitio a las piezas voluminosas. En cambio, en los laminadores continuos las cajas están situadas cerca una de otra, de forma que la pieza se lamina simultáneamente en más de una caja a la vez. Los rodillos de cada caja tienen que girar más deprisa que los de la caja anterior para compensar la creciente longitud y, por lo tanto, la mayor velocidad de avance de la pieza continua que sale en cada pasada. Este método es el más rápido, pero consume más energía porque requiere motores individuales para accionar cada caja, ya que los rodillos tienen que girar simultáneamente pero a distintas velocidades. Cuando las cajas están alineadas en un tren de laminación de eje único, rodillo contra rodillo, un grupo motor puede accionar todos los rodillos a la vez y a la misma velocidad, ahorrando energía, aunque en este caso la pieza tiene que avanzar en



zig-zag. Esta disposición es óptima en los laminadores de serpentín, donde una cinta continua de pletina se puede enrollar entre una caja y otra antes de ser insertada en la siguiente pareja de rodillos.

Para obtener piezas de sección transversal no rectangular, como por ejemplo las vigas en I o los raíles, el metal pasa a través de unos rodillos que presentan unas molduras talladas a lo largo de toda su circunferencia.

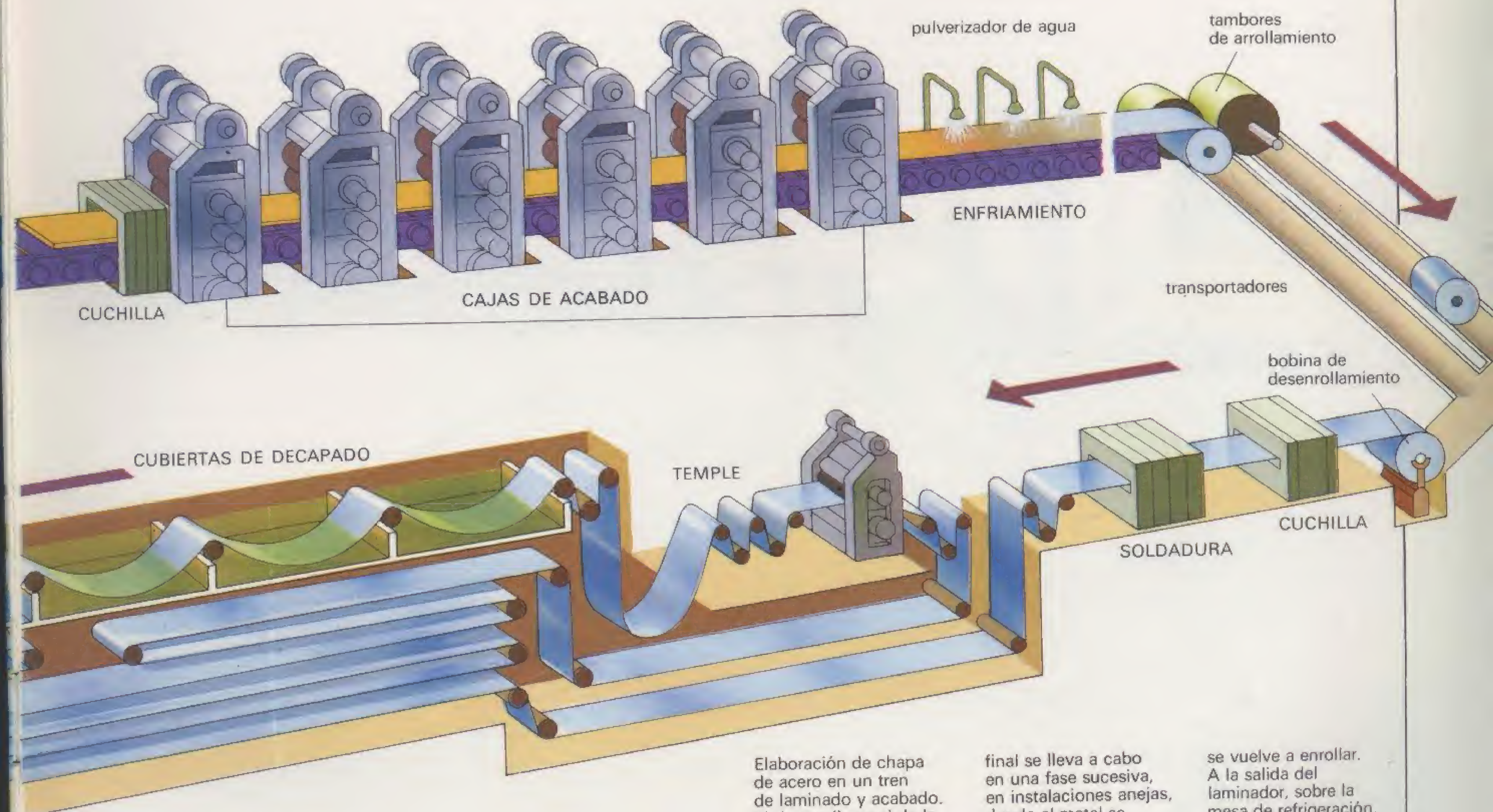
Productos tubulares Las soluciones son distintas según se trate de tubos con o sin soldadura. Para la fabricación de tubos con soldadura, se utilizan chapas especiales, llamadas "cintas". Estas suelen estar fabricadas, generalmente, de un metal particularmente adecuado para la soldadura. Las cintas se sueldan longitudinalmente y finalmente se laminan, confiriéndoles una forma tubular.

En cambio, los tubos sin soldadura se fabrican perforando la parte central de un lingote o tocho en un laminador-perforador y trabajando la vaina resultante hasta conseguir el diámetro y el espesor de paredes requeridos. La perforación rotativa se realiza en laminadores especiales, consistentes en un par de rodillos cuyos ejes forman ángulos entre sí y giran en el mismo sentido; de este modo, hacen girar la pieza al mismo tiempo que la empujan contra un mandril puntiagudo, el cual va practicando un agujero en el centro.

La resistencia del tubo depende del metal usado y del espesor de sus paredes. El máximo espesor se destina para los tubos que han de soportar altas presiones, como los de los calentadores o los de los frenos. Los tubos para perforaciones subterráneas, que están sometidos a fuerzas de torsión, también requieren una notable resistencia.

Acabado El metal, una vez que ha sido laminado hasta alcanzar su forma final, todavía puede retorcerse y deformarse mientras se va enfriando, por lo que es necesario enderezarlo mediante unos rodillos especiales o con prensas. El material de poco espesor se puede envolver formando bobinas o cortar según las necesidades del cliente. Algunos trenes de laminación poseen instalaciones anejas para trabajar posteriormente el metal: tratamientos en caliente para aumentar la resistencia, para restablecer la plasticidad o para endurecer la superficie; baños ácidos para eliminar los óxidos; pintura, aplicación de metal de protección; revestimiento con cerámica o plástico; o bien laminado en frío para obtener láminas o formas finales más complejas.

Véase **Acero; Aleación; Hierro; Metales, trabajo de los**



PLANTA PARA LAMINACION EN CALIENTE DEL ACERO

Elaboración de chapa de acero en un tren de laminado y acabado. El desarrollo total de la instalación supera los mil metros de longitud. Después de su calentamiento, los *slabs* pasan a través de las cajas de desbaste y, tras pasar por las cajas intermedias, llegan a las de acabado. A la salida se enfría el metal, mediante agua pulverizada, y se arrolla en bobinas. El acabado

final se lleva a cabo en una fase sucesiva, en instalaciones anejas, donde el metal se desenrolla de las bobinas, se manda a un depósito de acumulación (abajo) y de éste se envía a los baños de pulido. La costra de óxido se elimina con soluciones de ácido sulfúrico o clorhídrico; seguidamente, la chapa se seca y se lubrica para protegerla de la corrosión; finalmente

se vuelve a enrollar. A la salida del laminador, sobre la mesa de refrigeración, la chapa viaja a 80 km/h, en cambio, en el tren de pulido sólo lo hace a 20 km/h. A una velocidad mayor, el proceso de lavado no sería eficaz, a no ser que se pudiese disponer de tanques de inmersión enormemente largos y por lo tanto totalmente antieconómicos.

Triásico, período

El Triásico constituye el primer período de la Era Mesozoica o Secundaria, y comenzó hace 230 millones de años. A principios de este período desaparece gran parte de la fauna característica de la Era Paleozoica, como los trilobites, y en cambio se desarrollan nuevas formas de vida, tanto marinas como terrestres.

Durante el Triásico se termina de formar un único continente, llamado Pangea II, que agrupaba todas las tierras emergidas. En general, la actividad orogénica (levantamiento de macizos montañosos) durante este período no fue muy grande, aunque sí existieron importantes manifestaciones volcánicas en diversas partes del mundo.

El rasgo faunístico más importante del Triásico es el gran desarrollo, en todos los hábitats, de los reptiles, que llegaron a alcanzar tamaños gigantescos. También desaparecen los anfibios primitivos (estegocéfalos), que habían aparecido en el Paleozoico, y comienzan a desarrollarse los antecesores de los actuales. A finales del Triásico, y surgiendo por evolución de un grupo de reptiles, aparecen los primeros mamíferos primitivos.

El término "Triásico" fue propuesto en 1834 para designar una serie de materiales geológicos que en Alemania central presentaba tres tramos muy bien diferen-

ciados: los estratos inferiores estaban formados por unas areniscas rojas de origen fluvial; los intermedios, por unas calizas con moluscos y crinoides de origen marino somero, y los superiores, por arcillas y yesos de diversos colores. Estas tres formaciones indican que se produjo: en primer lugar, la emersión de grandes extensiones de terreno en el Triásico inferior, que al ser erosionadas por los ríos originaron los depósitos de arena; posteriormente, una invasión del mar sobre el continente, que permitió la formación de las calizas en el Triásico medio; y, por último, una nueva retirada del mar en el Triásico superior, que dejó grandes extensiones de agua marina atrapadas en el continente, y que al irse evaporando dieron lugar a los depósitos de arcillas, yesos y sales. Esta secuencia sólo se encuentra completa en algunas partes del mundo. En Inglaterra, por ejemplo, falta casi totalmente el tramo calcáreo intermedio.

Desarrollo de la fauna El Triásico es un período que marca una profunda crisis biológica. Numerosas especies de invertebrados, como los ammonoideos, los corales, los equinodermos, etc., experimentaron extinciones masivas y relativamente bruscas, debido principalmente a la emersión de las plataformas continentales

que habitaban, y debido también, quizá, a la alteración de la salinidad del mar, producida por la formación de depósitos salinos en los continentes. Esta extinción de los invertebrados marinos a principios del período da lugar a que muchas faunas, como la de los corales o la de los ammonoideos, que consiguen superar la crisis del Triásico, presenten durante el Mesozoico una morfología muy diferente de la que tenían en el Paleozoico. Los corales paleozoicos son los tetracorarios, que presentan simetría radial, mientras que los pospaleozoicos son los hexacorarios, que presentan una simetría hexagonal. Los ammonoideos paleozoicos son los *goniatites*, provistos de una concha enrollada de estructura muy simple, los pospaleozoicos son los *ammonites*, con una enorme variedad en la morfología de las conchas.

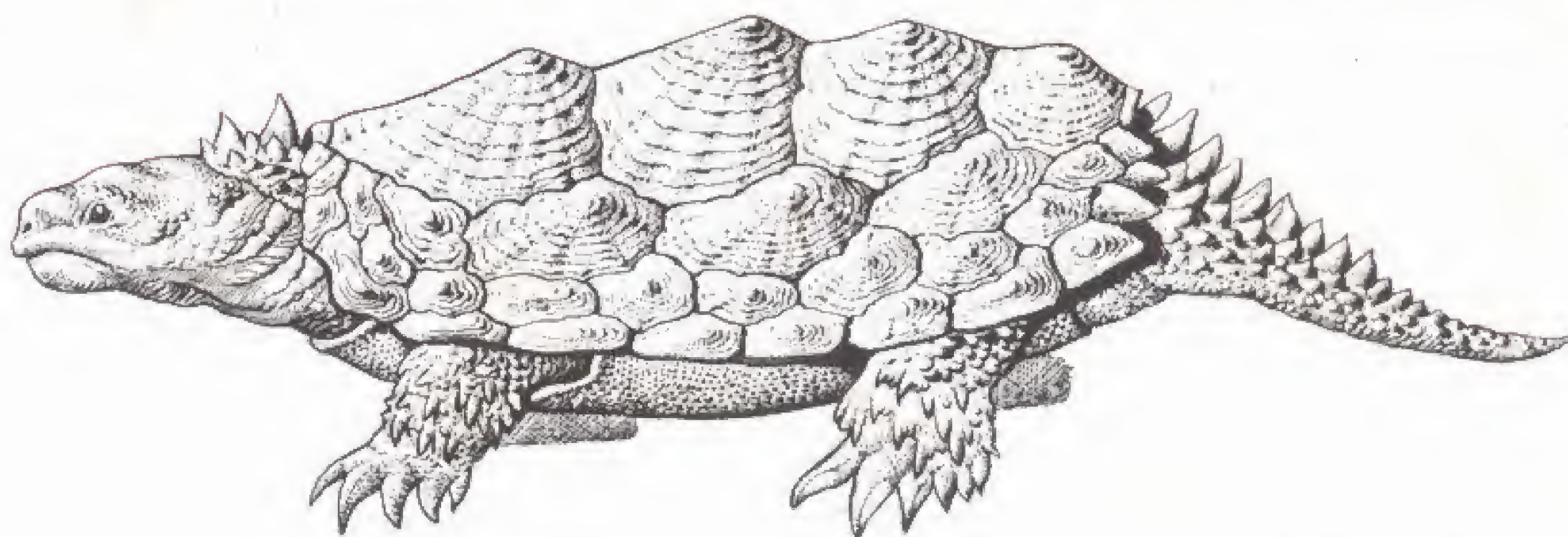
Los vertebrados terrestres, como los anfibios y los reptiles, experimentan, por el contrario, un marcado impulso en su evolución. Los anfibios del Triásico inferior son estegocéfalos primitivos que se habían originado en el Paleozoico. En el Triásico aparecen formas de gran tamaño como el *Mastodonsaurus*, un anfibio estegocéfalo de más de tres metros de longitud. Hasta después del Triásico no aparecen los primeros anfibios "modernos", antecesores de los actuales.



Los reptiles, que habían surgido ya en el Pérmico, comenzaron un desarrollo que les llevó a ser el grupo faunístico dominante, dentro de los vertebrados terrestres, durante todo el Jurásico y el Cretácico, los otros dos períodos que completan la Era Secundaria.

Actualmente se admite que los mamíferos se originaron a partir de un grupo de reptiles que ya existía en el Triásico superior. De esta época datan los primeros hallazgos de restos fósiles de mamíferos, tales como dientes y mandíbulas, pertenecientes a grupos de implacentados, alguno de los cuales aún perdura en la actualidad, aunque con carácter de fauna residual o en vías de extinción, como los marsupiales.

Los procesos geológicos A principios del Triásico o finales del Pérmico (último período de la era Paleozoica), terminaron de unirse los dos continentes que se habían formado en el Paleozoico superior, formándose un único continente llamado Pangea II. Este supercontinente delimitaba un mar epicontinental, rodeado de tierra casi por todas partes, llamado mar de Tethys, en el que se originaron importantes depósitos de calizas que hoy se encuentran formando los Alpes, los Apenninos, etcétera.



Se trata de un período en el que no se produjeron orogenias importantes, aunque, como ya se ha mencionado, hubo una gran transgresión (invasión del continente por el mar) sobre la mayor parte del continente en el Triásico medio, y una gran regresión (retracción del mar) en el Triásico superior, que dio lugar a grandes mares interiores sobre el continente.

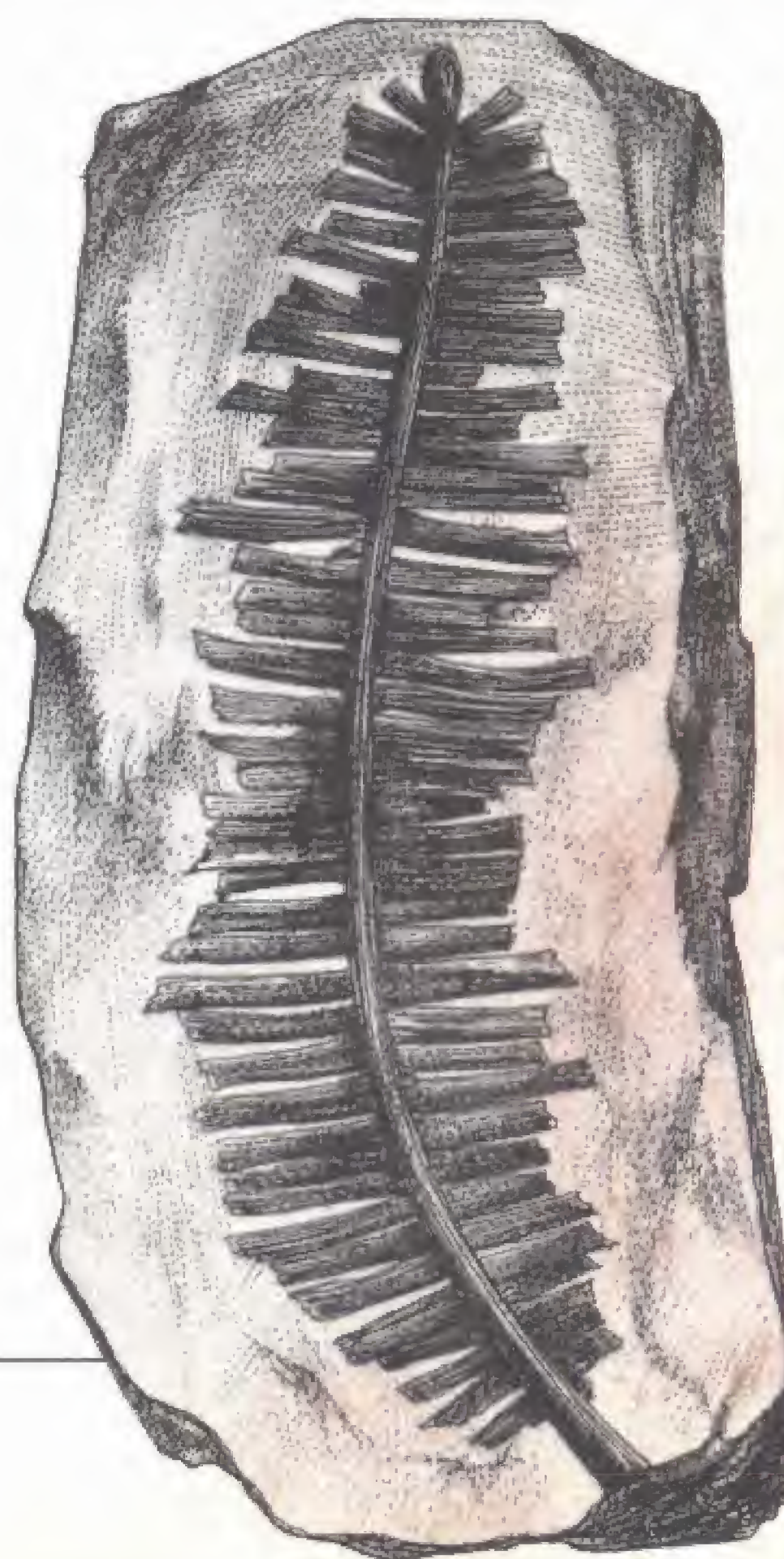
No se han datado glaciaciones; por el contrario, la flora fósil es escasa y parece indicar más bien un clima árido y caluroso durante todo el período; se encuentran cicadáceas (unas palmeras primitivas), helechos, coníferas y ginkgos como los actuales. En Arizona se encuentran "bosques petrificados" pertenecientes a este período, consistentes en agrupaciones de tocones fósiles de plantas arborescentes y de coníferas, que posiblemente fueron sepultados por los sedimentos de los ríos y que han conservado su posición al no haber sido arrancados y transportados.

En los sedimentos del Triásico no abundan los yacimientos minerales. Se encuentra carbón en algunas cuencas hulleras, probablemente en zonas donde había lagos y vegetación abundante; también existen algunos yacimientos hidrotermales en zonas donde hubo emplazamiento de plutones, es decir, en zonas afectadas por los volátiles (agua y gases) desprendidos de masas de magma que no llegaron hasta la superficie, sino que se enfriaron en el interior de la corteza terrestre.

La actividad volcánica llegó a ser importante, hallándose formaciones volcánicas en el Triásico de casi todo el mundo

En la página anterior, reconstrucción de un ambiente del Triásico. Se ve al fondo un dinosaurio bípedo; a la derecha aparece un reptil precursor de los mamíferos y a la izquierda una tortuga cuya reconstrucción completa se ve sobre estas líneas. En el diagrama se observan también formas evolucionadas

de peces y reptiles adaptados al medio acuático, como los notosaurios. En la fotografía de arriba puede verse el fósil de uno de estos reptiles. La flora está representada en el Triásico por gimnospermas. Abajo, fósil de una *Cicadea*. A la izquierda, fronda de *Otozamites molinianus*.



Triceratops

Desde principios de la Era Mesozoica, hace unos doscientos millones de años, los reptiles fueron un grupo dominante durante unos ciento treinta y cinco millones de años, hasta que tuvo lugar la crisis climática de finales del Cretácico, período que marca el final de la Era. El grupo de reptiles de los dinosaurios tiene una amplia representación en el registro fósil. Es, además, una de las faunas más estudiadas y conocidas por su gran tamaño y su singular aspecto externo. Dentro de los dinosaurios tetrápodos, que a diferencia de los bípedos caminaban sobre cuatro patas en vez de sobre dos, cabe destacar el *Triceratops*, perteneciente a la familia de los ceratópsidos y al orden de los ornitiskios, que vivió en el Cretácico superior de Norteamérica y de Asia Central.

Los *Triceratops* eran animales de gran tamaño, con cuatro robustas patas y una cola gruesa y larga. Su longitud era de unos siete metros y se estima que pesaban unas diez toneladas. Su cabeza, muy grande, ocupaba casi una tercera parte de la longitud total del cuerpo y estaba rodeada, a la altura del cuello, por un escudo protector o gola ósea. Poseía tres cuernos, dos de ellos situados encima de los ojos y uno en la región nasal, así como un

gran pico córneo. A pesar de este aspecto exterior, no guarda ninguna relación con el actual rinoceronte, mamífero que no apareció hasta el Cuaternario.

La aparición del *Triceratops* Los grandes *Triceratops* aparecen en el Cretácico superior y constituyen una de las últimas formas de la familia de los ceratópsidos, es decir, de los dinosaurios cuadrúpedos que presentan la característica de que las primeras vértebras suelen estar soldadas para mayor resistencia del cuello. Los ceratópsidos proceden de formas bípedas anteriores, probablemente de los Psiyacosáuridos, dinosaurios con las extremidades posteriores de longitud casi doble de las anteriores, y cuyos restos fósiles se han encontrado en Mongolia. El grupo ya identificado evoluciona durante unos veinte millones de años, extinguiéndose a finales del Cretácico, hace sesenta y siete millones de años.

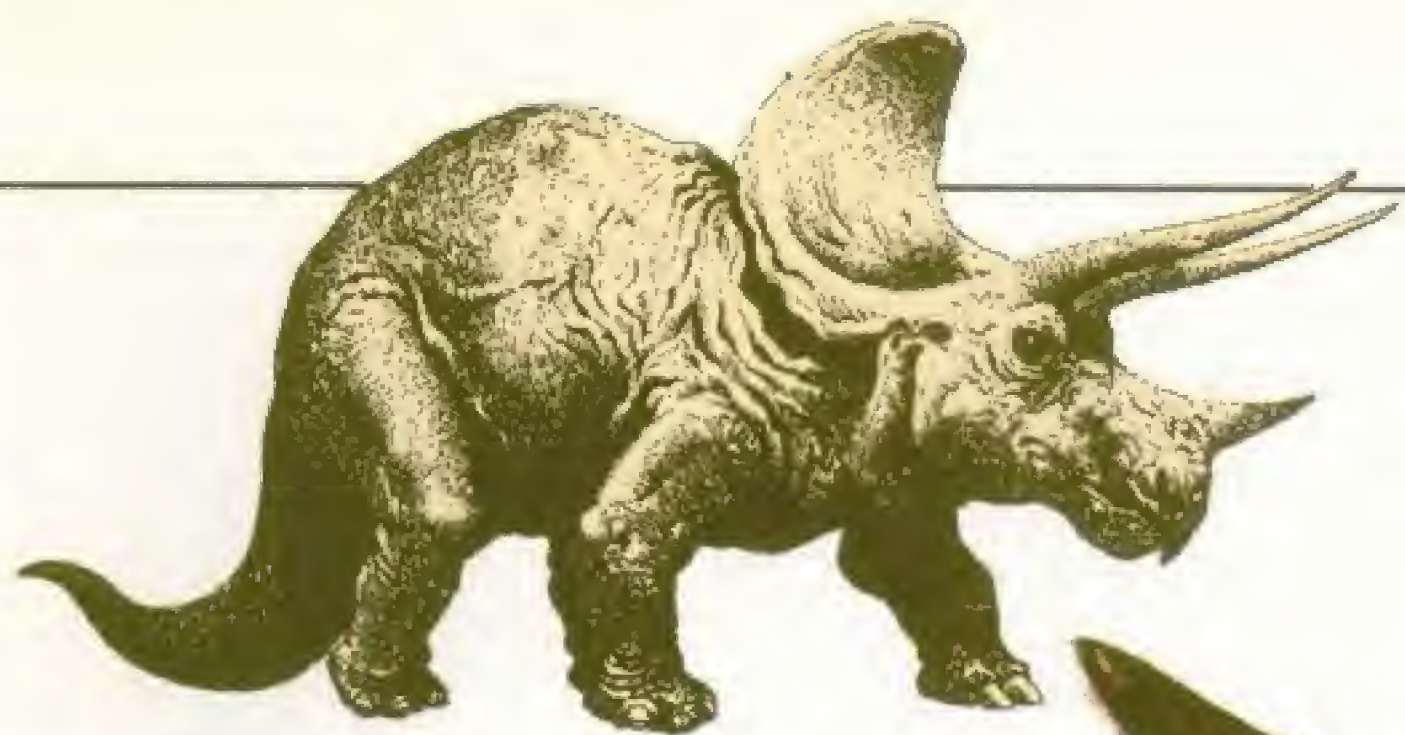
El *Protoceratops*, hallado fósil en el desierto de Gobi, es el representante más antiguo incluido en la familia de los ceratópsidos. Aunque carecía de cuernos, presentaba una gola ósea bien desarrollada; esta característica es más representativa que la posesión de cornamenta para ser inclui-

do dentro del grupo. El *Protoceratops* era un espécimen pequeño, de unos dos metros de longitud. Sobre este dinosaurio ha sido posible recoger gran cantidad de información, poco frecuente, relativa a su reproducción y a su desarrollo, debido a que se han encontrado fósiles de individuos jóvenes recién salidos del huevo.

A lo largo del Cretácico aparece gran número de especies de ceratópsidos, con mucha variedad de formas relativas al aspecto de la cornamenta y a su apariencia general. Por ejemplo, además del *Triceratops* hay que mencionar el *Styracosaurus*, cuyo escudo óseo presenta fuertes espinas en el reborde, el *Pentaceratops*, con cinco cuernos, etcétera.

Modo de vida de los ceratópsidos Parece lógico suponer que los ceratópsidos en general utilizaban la embestida como defensa, al igual que hacen algunos animales actuales. Su collar óseo les proporcionaba una defensa suplementaria. Siendo estos animales contemporáneos de los grandes carnosaurios, como el tiranosaurio, todos estos mecanismos de defensa resultaban especialmente efectivos, tal como lo muestran fósiles de otros dinosaurios en los que se apreciaban heridas pro-

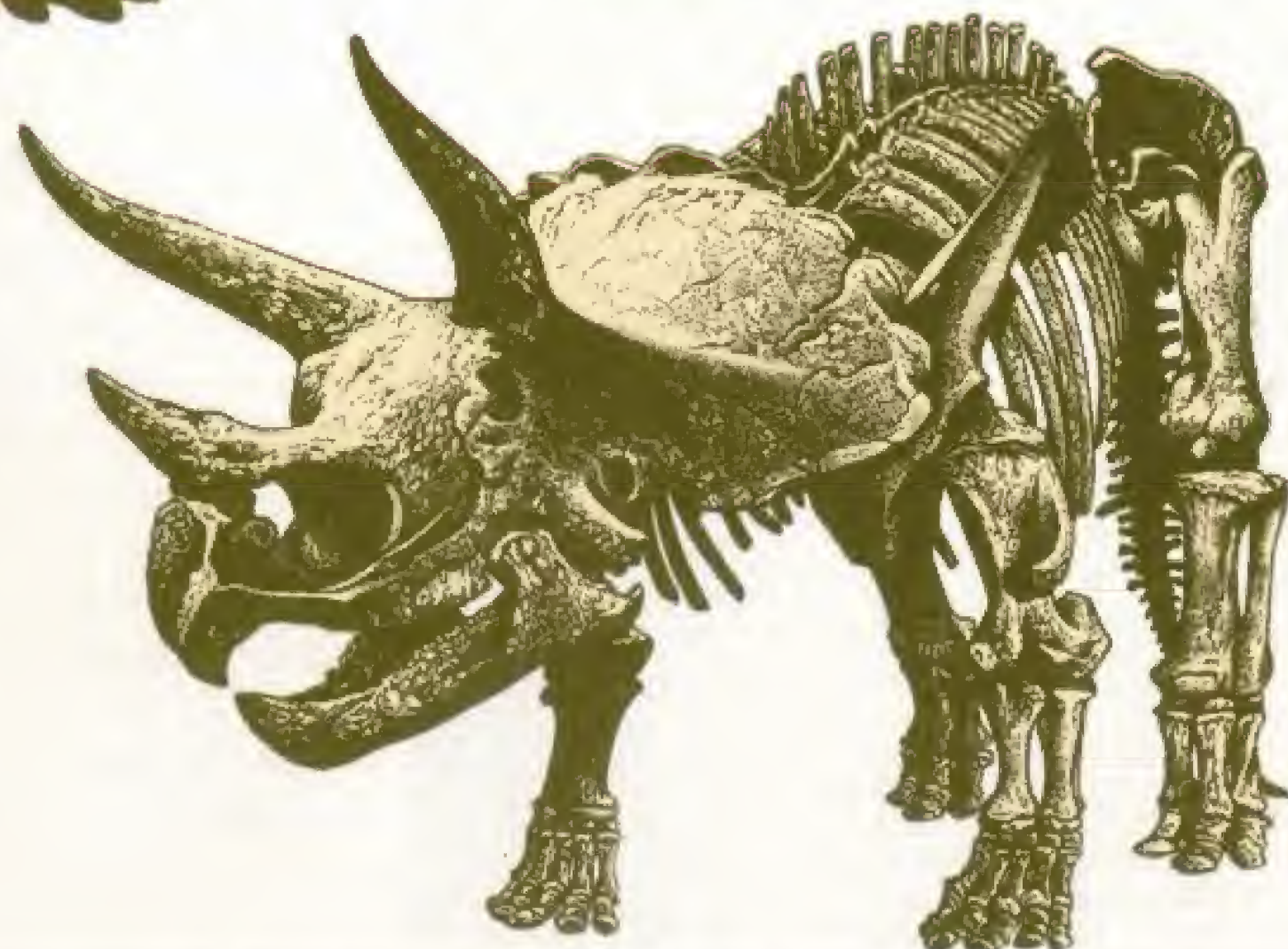




El *Triceratops*, representado en estas páginas, fue uno de los más grandes y poderosos dinosaurios del Cretácico superior. En la página anterior puede verse la reconstrucción de un ejemplar, expuesta en el Museo de Historia Natural de Milán. El *Triceratops* pertenece a la familia de los ceratópsidos. Posee un enorme cráneo, cuya longitud es una tercera parte de la del cuerpo



↓
entero, y está provisto de tres cuernos anteriores y un amplio escudo formado por la prolongación de los huesos craneales posteriores. Aunque recuerda en gran parte al rinoceronte actual, son, evolutivamente, muy distintos. Su dentadura es de herbívoro, y es muy posible que con ayuda del pico anterior desmenuzara gruesos tallos o escarbaba en el suelo en busca de raíces.



ducidas probablemente por cornamentas pertenecientes a ceratópsidos.

La función de la cresta poscraneal ha sido interpretada de diversas formas. En un principio se pensó que tenía una función estrictamente defensiva, aunque parece evidente que serviría asimismo para proporcionar una superficie amplia a la inserción de los potentes músculos que sostenían la cabeza. Actualmente se piensa que al estar densamente irrigada, como lo están las crestas de algunos reptiles y anfibios actuales, podía formar parte de un sistema de termorregulación. De este modo, el animal se adaptaba a las condiciones ambientales de una forma más efectiva, captando o irradiando calor, y presentando, en definitiva, un cierto grado de homeotermia. También se ha sugerido que podría tener un cierto "papel social", utilizándose a modo de señal en la defensa del territorio, búsqueda de pareja, etcétera.

Los ceratópsidos poseían ochenta dientes en cada mandíbula, adaptados a la trituración de vegetales. Esta dentición presentaba, como la de algunos peces y reptiles actuales, una constante sustitución de piezas gastadas o rotas por otras nuevas. Se alimentaban generalmente de vegetales de gran fibrosidad, como hojas de palmera, y probablemente eran de costumbres tranquilas, dada su enorme mole, aunque cuando tenían que huir de los tiranosauros podrían alcanzar velocidades de unos 48 km por hora.

Véase Cretácico, período; Dinosaurios; Mesozoica, era

Trigo

El trigo es una planta muy antigua que, según se cree, se cultiva desde hace, aproximadamente, nueve mil años. Se sabe que ya se cultivaba en el valle del Nilo el año 5.000 a. de C., y que los faraones egipcios se preocupaban de que no faltaran en sus tumbas vasijas llenas de granos de trigo, con el fin de alimentarse durante su viaje al más allá.

El trigo, lo mismo que la cebada, el arroz, el maíz y la avena, pertenece a la familia de las gramíneas, y es uno de los cultivos más difundidos en todo el mundo. Representa la principal fuente alimenticia para casi un tercio de la humanidad ya que, junto al centeno, es el cereal panificable más importante. Se trata, además, de una especie muy adaptable, que puede cultivarse durante todo el año. Basándose en su forma de cultivo, este cereal se clasifica en dos grupos fundamentales: trigo de invierno y trigo de primavera. El primero, sembrado en otoño, crece lentamente durante los meses del invierno, acelera el crecimiento en primavera y está listo para la siega apenas llega el verano. El de primavera, que suele sembrarse en marzo para recolectarse en otoño, se cultiva especialmente en las zonas donde se dan inviernos duros. Generalmente, el trigo invernal es el que ofrece calidades más idóneas para la panificación, ya que contiene más proteínas y menos almidón que el de primavera.

Clasificación Los tipos cultivados son diploides, tetraploides o hexaploides, según el número de dotaciones cromosómicas. Los primeros, del grupo Einkorn, tienen siete cromosomas en la fase haploide; los segundos, grupo Emmer, tienen catorce, y los terceros, del grupo Spelta, vein-



A



B



C



Triticum durum



Triticum sativum

Sobre estas líneas, cariósides de trigo tierno y duro. El primero tiene la superficie lisa y el embrión está localizado en una depresión en la cara posterior (B), mientras en la anterior (A), sólo se observa un surco longitudinal. En (C) sección longitudinal y en (D) sección transversal de cariósides de trigo duro (*Triticum durum*); en (E) sección transversal de cariósides de trigo tierno (*Triticum sativum*). Bajo estas líneas, espigas de trigo tierno, utilizado para la panificación.



tiuno. Las especies más importantes son el trigo tierno (*Triticum sativum*), el poulard o redondillo (*T. turgidum*), el polaco o de Bona (*T. polonicum*), el espelta o escanda (*T. spelta*) y el esprilla o carraón (*T. monococcum*).

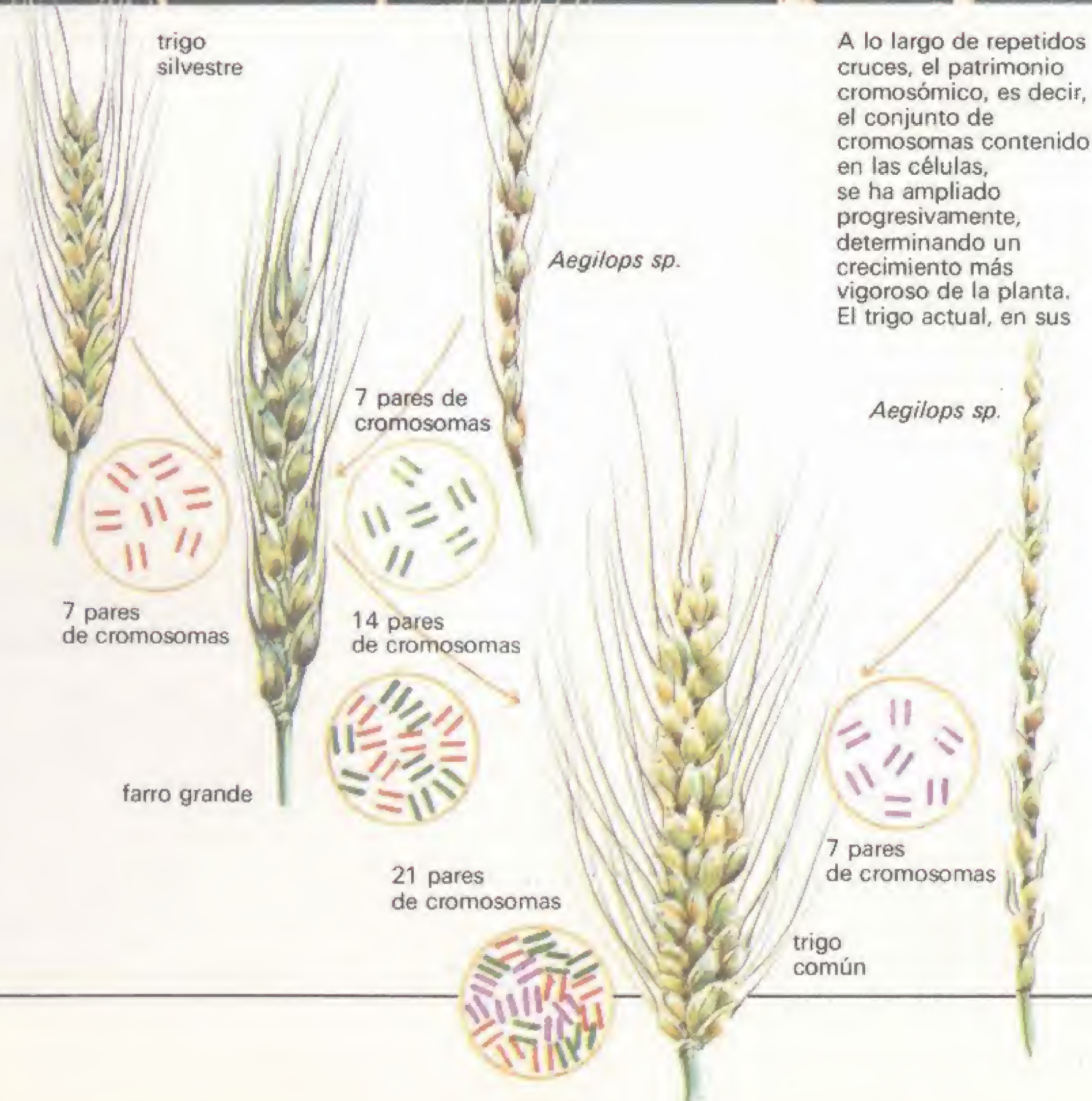
La espiga y el grano De cada tallo de trigo brota una inflorescencia en forma de espiga, que comprende numerosas espiguillas; a su vez, cada una de éstas suele componerse de varias flores. La polinización es típicamente autógama. El fruto o grano es una cariósides formada por un embrión, pequeño y oleoso, y un endosperma, o albumen feculento, muy desarrollado. Ambos están envueltos por una capa muy rica en aleurona y por una cubierta formada por el tegumento seminal y el pericarpo, que se hallan íntimamente soldados. A su vez, el grano se encuentra encerrado dentro de las glumelas o cascabillos. Una vez molido el grano, la cubierta y la aleurona constituyen el denominado salvado.

Molienda La molienda del trigo implica diversos pasos. El primero de éstos es la escamondadura y el desprendimiento de cuerpos extraños; después, el grano



es humidificado (ablandado) para facilitar la separación del salvado y el control de la temperatura de la trituración. A partir de este momento, se hace pasar el grano secuencialmente por varios pares de cilindros, hasta que el endosperma queda reducido a finas partículas que permiten la separación del salvado y de la semilla. Las finas partículas de harina se separan mediante cedazos o tamices de tela, según sus dimensiones y densidad y, después, se clasifican. Existen diferentes tipos de harina: la harina integral, que contiene incluso el salvado; la harina de sémola, cuyas partículas son de dimensiones gruesas; la harina tipo 0, más fina; la harina tipo 00, aún más delicada, etcétera.

Datos estadísticos Según datos extraídos del Anuario Estadístico de la ONU,



A lo largo de repetidos cruces, el patrimonio cromosómico, es decir, el conjunto de cromosomas contenido en las células, se ha ampliado progresivamente, determinando un crecimiento más vigoroso de la planta. El trigo actual, en sus

numerosas variedades, es el fruto de repetidos cruces entre gramíneas silvestres y variedades cultivadas de diversos tipos. Se piensa que el primer cruce tuvo lugar entre un trigo agreste, hoy desaparecido, y una especie de gramínea del género

Aegilops (arriba, a la derecha). Arriba, a la izquierda, algunas especies de trigo de antiguo cultivo: de izquierda a derecha, *Triticum monococcum* o esprilla, *Triticum compactum* y *Triticum spelta*. A la izquierda, cruce artificial de plantas fecundadas.

la cosecha mundial de trigo ascendió en 1982 a 481.050 millones de toneladas. En ese mismo año, los diez países con mayor producción fueron, por este orden: Unión Soviética, Estados Unidos, China, India, Canadá, Francia, Turquía, Pakistán, Reino Unido e Italia. Se estima que cada año, solamente en Estados Unidos, se pierden, por causas diversas, cerca de 2.680 millones de m³ de grano. Esta enorme destrucción se debe sobre todo a las enfermedades que más afectan a este cereal, como el carbón, la caries y el oídio, y a parásitos que atacan al trigo tanto en el campo como una vez almacenado en el granero.

Véase **Agricultura; Cereales; Plantas, enfermedades**

Trigonometría

Mucha gente considera extraña la habilidad que tienen distintos profesionales —astrónomos, navegantes o agrimensores entre otros muchos— para determinar distancias imposibles o difíciles de medir directamente (como la que separa nuestro planeta de una lejana estrella). Sin embargo, esta habilidad se reduce a tener conocimientos bastante sencillos de una disciplina matemática en cierto modo milenaria: la *Trigonometría*. La idea básica de la misma y, por consiguiente, de la supuestamente extraña habilidad es simple: un triángulo queda totalmente determinado por sus tres lados; pero también, por ejemplo, por dos de ellos y el ángulo que forman o, incluso, por un lado único y los dos ángulos adyacentes al mismo. De ello se deduce que pueden llegar a conocerse las tres distancias que separan cada pareja de puntos de tres lados midiendo sólo una de ellas y dos ángulos, lo que es posible con instrumentos adecuados o, si no se requiere gran exactitud, "a ojo" (y nunca mejor dicho, ya que se trata, simplemente, de dirigir dos visuales y estimar la inclinación mutua).

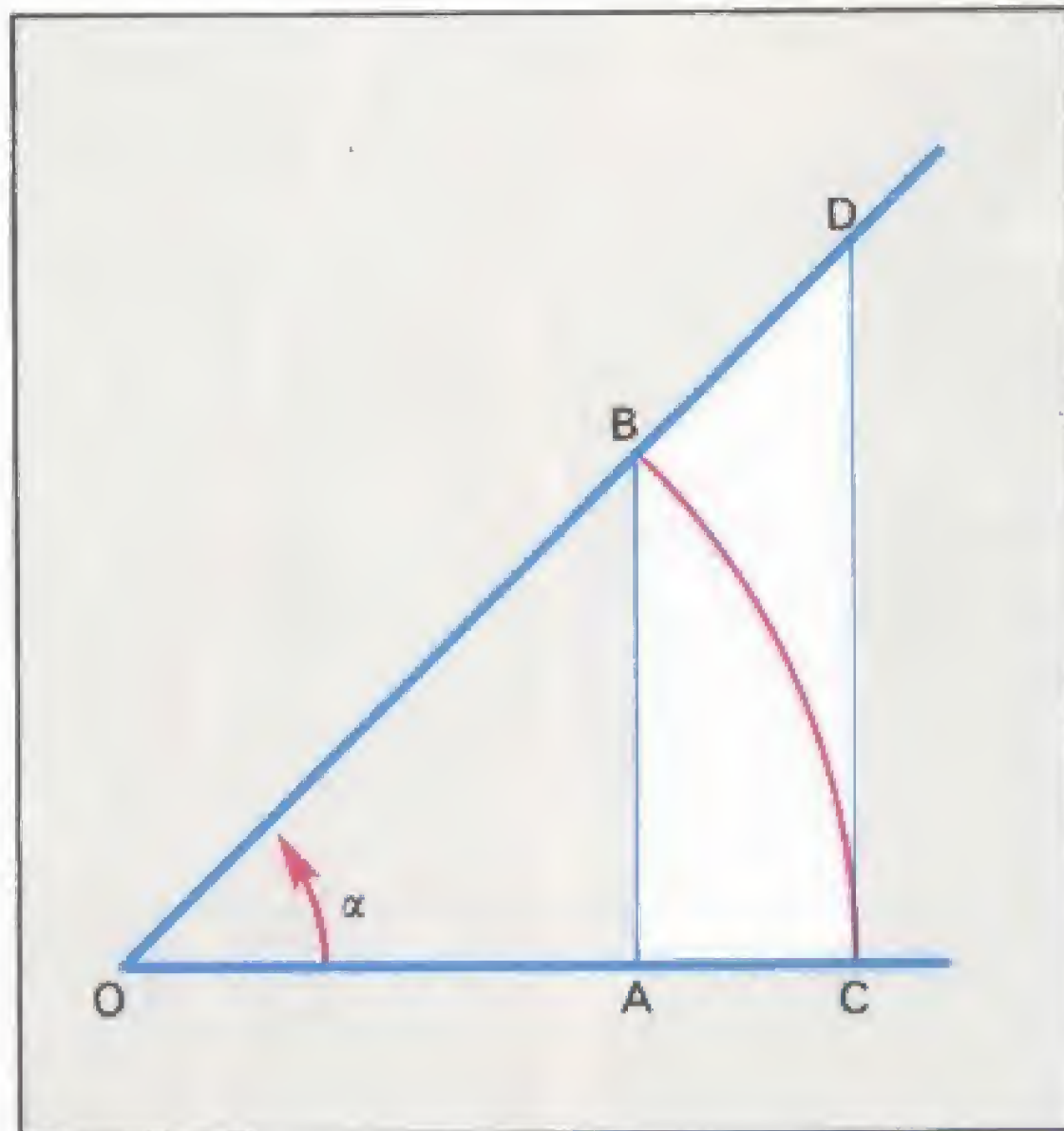
Naturalmente, los problemas reales suelen ser más complicados; así, los datos e incógnitas de un triángulo pueden no ser sus propios lados y ángulos sino otros relacionados con ellos (por ejemplo, alturas, bisectrices, etc.); además se trata muchas veces, en la práctica, de hallar distancias y ángulos en figuras de grandes dimensiones y que no son triángulos. Evidentemente, en estos casos deben descomponerse las figuras en triángulos, por una parte, y se hace necesario, por otra, utilizar las ideas trigonométricas más avanzadas y los métodos de medida y cálculo más precisos.

Una leyenda, que pretende mostrar los orígenes de la Trigonometría, atribuye a Tales de Mileto (640-546 a. de C.), uno de los siete sabios de Grecia y fundador de la escuela jónica, la siguiente anécdota: un enviado del faraón le pidió que calculara la altura de la pirámide de Keops; Tales se apoyó en su bastón puesto verticalmente y esperó a que la sombra de éste igualase su longitud; entonces mandó al servidor real medir la longitud de la sombra y le dijo que esa medida era la altura de la pirámide.

Obviamente, la anécdota debe ser falsa; en primer lugar porque Tales adquirió su saber geométrico en Egipto y los sabios y sacerdotes de este país no tenían nada que aprender de él; ello sin perjuicio de que la geometría, introducida o, si se quiere, reinventada por Tales en Grecia adquiriese luego una importancia enorme y se tornase un saber eminentemente teórico. Además, es inimaginable que Tales cometiese un error de cálculo (a la longitud de la sombra habría de añadirse la parte de la misma absorbida por la base de la pirámide) y otro, más grave, de cortesía: hacer esperar al enviado del faraón a que la sombra del bastón igualase a la altura del mismo. En efecto, si en el momento en que le hicieron la pregun-

ta la sombra del bastón (supuesto vertical) estaba en la proporción p con su longitud, la de la pirámide (medida desde el centro de la base) estaría en la misma proporción con su altura.

La anterior anécdota, apócrifa sin duda, se corresponde, sin embargo, con la tradición (basada en la desaparecida historia de la matemática de Eudemo, discípulo de Aristóteles, resumida por Proclo) que atribuye a Tales teoremas sobre la igualdad de ángulos (y, consecuentemente, proporcionalidad de lados) en la base de los triángulos isósceles con iguales ángulos en el vértice.



Las razones trigonométricas Si se tiene un ángulo agudo α , medido usualmente en grados, minutos y segundos sexagesimales o en *radianes* (unidad angular que corresponde al arco de circunferencia de longitud igual a su radio), se llama *seno* de α , abreviadamente *sen* α , al cociente del cateto opuesto a dicho ángulo dividido por la hipotenusa, ambos del triángulo

rectángulo que se forma al trazar por un punto cualquiera de uno de los lados una perpendicular al otro (normalmente se considera el ángulo positivo cuando se va del primer lado al segundo en el sentido contrario al de las agujas del reloj). Análogamente, se llama *coseno* de α , escrito usualmente como *cos* α , al cociente del cateto adyacente por la hipotenusa y *tangente* de α , escrito *tg* α , al cociente del cateto opuesto dividido por el adyacente, que obviamente coincide con el valor de *sen* α / *cos* α . Teniendo en cuenta las definiciones y el teorema de Pitágoras, puede escribirse (véase figura adjunta) que:

$$\text{sen } \alpha = \frac{AB}{OB} \quad \text{cos } \alpha = \frac{OA}{OB} \quad \text{tg } \alpha = \frac{AB}{OA} = \frac{CD}{OC}$$

$$\text{sen}^2 \alpha + \text{cos}^2 \alpha = 1 \quad \text{tg } \alpha = \frac{\text{sen } \alpha}{\text{cos } \alpha}$$

(usualmente suele tomarse $OB = OC = 1$)

A dichos valores se les llama también *razones trigonométricas*. Son las fundamentales. A sus recíprocas se les llama respectivamente *cosecante*, *secante* y *cotangente*. Lógicamente:

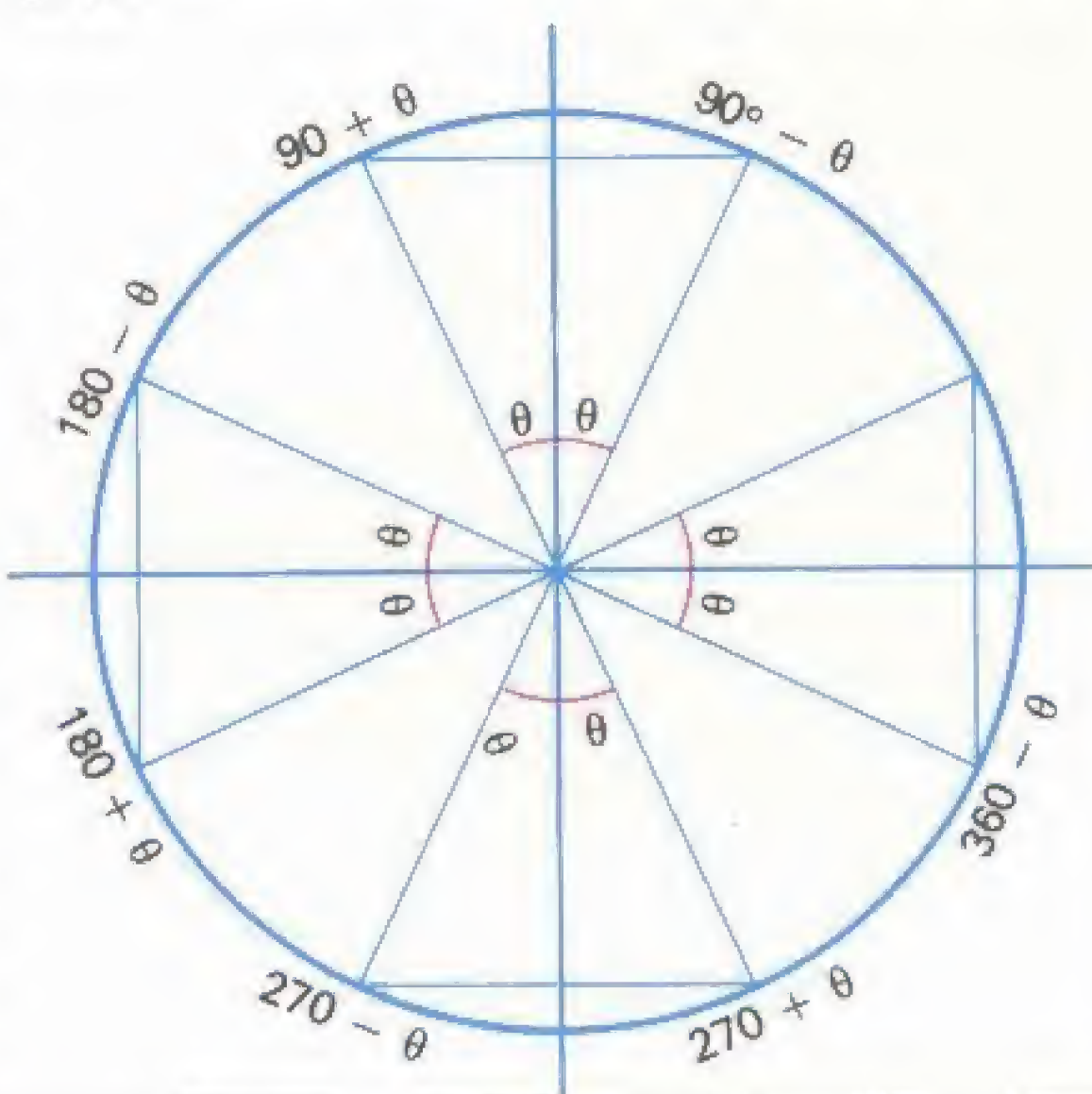
$$\text{cosec } \alpha = \frac{1}{\text{sen } \alpha} \quad \text{sec } \alpha = \frac{1}{\text{cos } \alpha} \\ \text{cotg } \alpha = \frac{1}{\text{tg } \alpha}$$

Cuando se da el valor de una de la razones, sea por caso $x = \text{sen } \alpha$, se dice que el ángulo correspondiente, α , es el *arco seno* de x , y se escribe *arcsen* x ; y análogamente para las demás.

Las anteriores definiciones son válidas en principio para ángulos agudos ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$). Sin embargo, resulta inmediato extenderlas al caso de ángulos obtusos ($90^\circ < \alpha < 180^\circ$), ángulos mayores de un llano ($180^\circ < \alpha < 360^\circ$) o ángulos negativos (cuando su sentido es el de las agujas del reloj). Para ello se pone:

Razón	$\alpha = 90^\circ \pm \theta$	$\alpha = 180^\circ \pm \theta$	$\alpha = 270^\circ \pm \theta$	$\alpha = 360^\circ \pm \theta$	$\alpha = -\theta$
sen α	$\pm \text{cos } \theta$	$\mp \text{sen } \theta$	$-\text{cos } \theta$	$\pm \text{sen } \theta$	$-\text{sen } \theta$
cos α	$\mp \text{sen } \theta$	$-\text{cos } \theta$	$\pm \text{sen } \theta$	$+\text{cos } \theta$	$+\text{cos } \theta$
tg α	$\mp \text{cotg } \theta$	$\pm \text{tg } \theta$	$\mp \text{cotg } \theta$	$\pm \text{tg } \theta$	$-\text{tg } \theta$

NOTAS.—Aunque en principio $\theta < 90^\circ$, los resultados de la tabla son generalizables a θ arbitrario una vez que se da significado a las razones trigonométricas de ángulos superiores a un recto. La primera columna muestra cómo el cálculo de razones puede reducirse al caso de ángulos menores de 45° .



Por supuesto, para los casos del ángulo *nulo*, *recto* y *llano* se tiene, trivialmente, que

$$\text{sen } 0^\circ = 0 \quad \text{sen } 90^\circ = 1 \quad \text{sen } 180^\circ = 0 \\ \text{cos } 0^\circ = 1 \quad \text{cos } 90^\circ = 0 \quad \text{cos } 180^\circ = -1$$

Y, en cualquier caso, que:

$$-1 \leq \text{sen } \alpha \leq 1 \quad -1 \leq \text{cos } \alpha \leq 1 \\ -\infty < \text{tg } \alpha < \infty$$

Aunque haya ángulos para los que pueden calcularse elementalmente sus razones trigonométricas, como en los casos siguientes:

$$\text{sen } 30^\circ = \text{cos } 60^\circ = 1/2 \\ \text{sen } 60^\circ = \text{cos } 30^\circ = \sqrt{3}/2 \\ \text{sen } 45^\circ = \text{cos } 45^\circ = \sqrt{2}/2$$

hace falta, en general, recurrir a los valores que proporcionan las tablas de funciones trigonométricas (tanto *naturales* como *logarítmicas*, es decir: de los logaritmos de las razones) o, desde tiempos recientes, a los que dan directamente las calculadoras.

Dichos valores se han obtenido por los métodos del análisis matemático.

Uno de los capítulos tradicionales de la Trigonometría es el de determinar las relaciones entre las razones de ángulos suma, resta o múltiplos de otros, así como el de establecer fórmulas que convierten sumas en productos (más sencillos para el cálculo mediante logaritmos). En la tabla adjunta se dan algunas fórmulas fundamentales.

$$\begin{aligned}\sin(\alpha \pm \beta) &= \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta \\ \cos(\alpha \pm \beta) &= \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta \\ \operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) &= \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta} \\ \sin n\alpha &= \binom{n}{1} \sin \alpha \cos^{n-1} \alpha - \binom{n}{3} \sin^3 \alpha \cos^{n-3} \alpha + \\ &\quad + \binom{n}{5} \sin^5 \alpha \cos^{n-5} \alpha - \dots \\ \cos n\alpha &= \cos^n \alpha - \binom{n}{2} \sin^2 \alpha \cos^{n-2} \alpha + \\ &\quad + \binom{n}{4} \sin^4 \alpha \cos^{n-4} \alpha - \dots \\ \sin \alpha + \sin \beta &= 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2} \\ \sin \alpha - \sin \beta &= 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2} \\ \cos \alpha + \cos \beta &= 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2} \\ \cos \alpha - \cos \beta &= -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2} \\ \operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta &= \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha \cos \beta}\end{aligned}$$

Resolución de triángulos Cuando se dan suficientes elementos de un triángulo, la Trigonometría proporciona fórmulas para el cálculo de los demás. El caso simple de los triángulos rectángulos es bien significativo: conocidos dos lados (ambos catetos o uno de ellos y la hipotenusa) o bien un lado (cateto o hipotenusa) y un ángulo (además del recto) pueden determinarse fácilmente todos los demás sin más que usar el teorema de Pitágoras y las definiciones de las razones trigonométricas.

Cuando se trata de un triángulo de forma general las cosas se complican algo, pero se pueden utilizar numerosas fórmulas, entre las que las siguientes son fundamentales y fáciles de probar (siendo a, b y c los lados del triángulo y A, B y C los ángulos opuestos respectivamente a los mismos):

$$\begin{aligned}\frac{a}{\sin A} &= \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} \\ & \text{("teorema del seno")} \\ a^2 &= b^2 + c^2 - 2bc \cos A \\ & \text{("teorema del coseno")} \\ \frac{a+b}{a-b} &= \frac{\operatorname{tg}[(A+B)/2]}{\operatorname{tg}[(A-B)/2]} \\ & \text{("teorema de la tangente")}\end{aligned}$$

Los libros de Trigonometría establecen una detallada casuística para "resolver" triángulos planos según los datos. Por ejemplo, si se dieran a, B y C , se tendría:

$$\begin{aligned}A &= 180^\circ - B - C \\ b &= \frac{a \sin B}{\sin A} \quad c = \frac{a \sin C}{\sin A}\end{aligned}$$

Más interesante que la resolución de triángulos planos lo es la de los triángulos

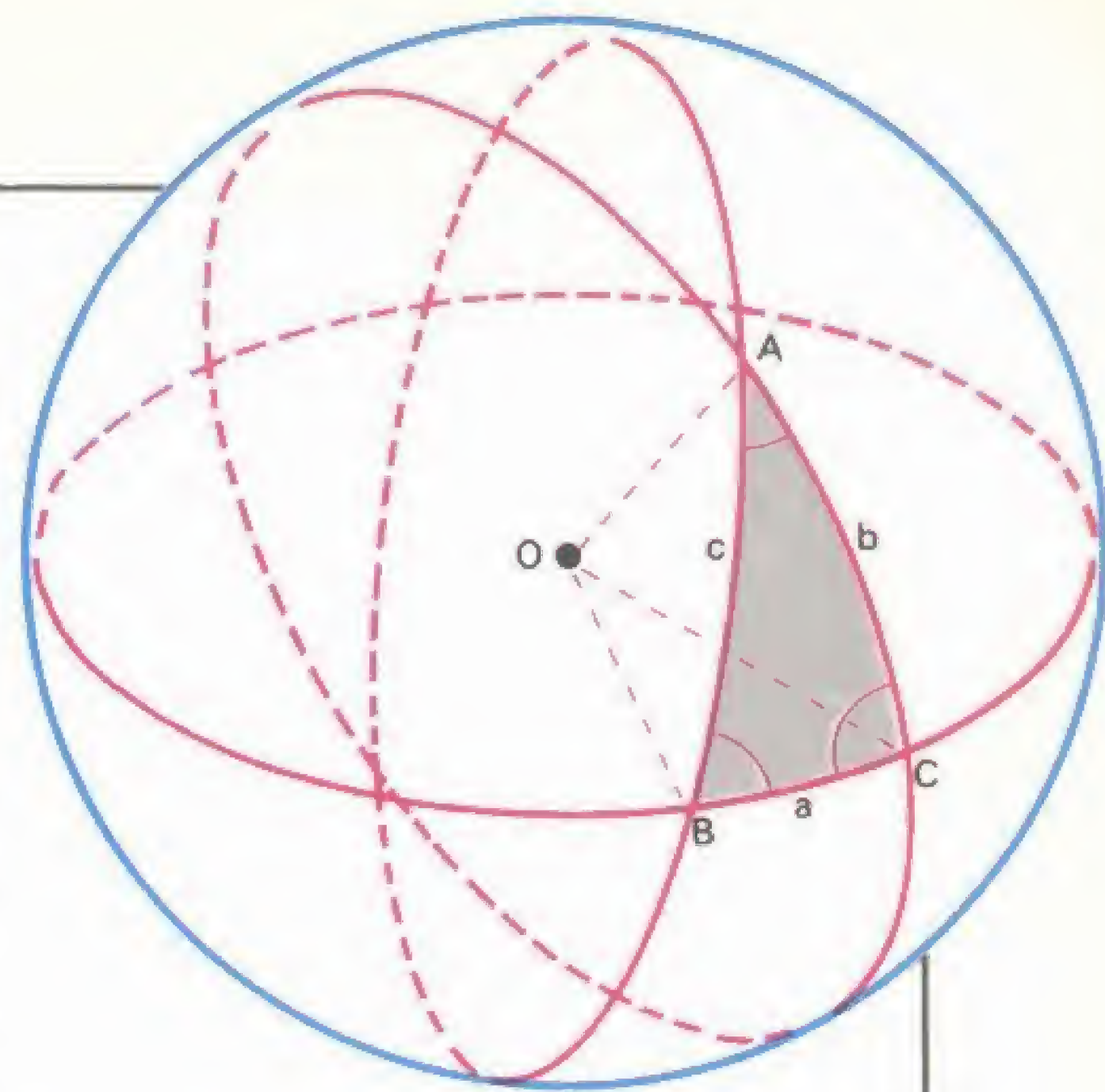
esféricos, ya que son los que se presentan en los problemas astronómicos, de navegación, geodésicos, etc. Un triángulo esférico es una parte de la superficie de la esfera limitada por tres arcos de círculo máximo que convergen dos a dos en tres puntos. Los arcos se llaman lados y los puntos de intersección, vértices. Aparte del radio de la esfera, hay seis datos, de los que tres son suficientes, para determinar totalmente un triángulo esférico, todos ellos ángulos: los propios lados (que son arcos de círculo y, por tanto, hecha abstracción del radio de la esfera, pueden medirse por el ángulo central que los intercepta) y los tres ángulos en los vértices. A lo largo de su historia la Trigonometría ha ido incorporando fórmulas que permiten "resolver" estos triángulos de modo análogo (aunque un poco más complicado) que en el caso plano cuando se dan tres datos convenientemente elegidos y se deben determinar los otros tres.

Una nota histórica La Trigonometría es, quizás, una de las disciplinas matemáticas más antiguas. En el *Papiro Ahmes* (ca. 1550 a. de C.), ¡mil años antes de Tales!, se encuentran alusiones a características de un ángulo análogas a nuestras razones trigonométricas. En Babilonia, China y otras civilizaciones antiguas se realizaban, entre uno y dos milenios antes de nuestra era, cálculos con triángulos, en muchos casos en conexión con problemas de agrimensura y astronómicos.

En Grecia se desarrolló ampliamente una técnica de cálculo de cuerdas de ángulos (en vez de razones trigonométricas) a cargo de matemáticos y astrónomos notables, como Hiparco (ca. 140 a. de C.), Heron (ca. 100 a. de C.) o Menelao (ca. 100 d. de C.) entre otros. En su famoso *Almagesto*, el astrónomo Ptolomeo (ca. 150 d. de C.) resumió los resultados griegos al respecto. Durante mil años, indios, persas, árabes y europeos utilizaron, en muchos casos con mejoras y desarrollos adicionales, los métodos y tablas griegos.

El resurgimiento matemático, producido en el siglo XIII, alcanzó a la Trigonometría. En Toledo, a instancias de Alfonso X, se calculan nuevas tablas (hacia 1254). El famoso *Fibonacci* trata el tema en su *Practica Geometriae* (1220). En el siglo XIV *Regiomontanus* (sobrenombre de Johann Müller de Königsberg, 1436-1476), en su *De Triangulis* (compuesto de varios libros, el primero aparecido hacia 1464), trata la disciplina de forma independiente y con un estilo relativamente moderno.

Más tarde, matemáticos conocidos por otros trabajos, como Viète, Napier, los cultivadores del Cálculo, etc. hacen aportaciones que configuran la Trigonometría como una ciencia analítica. La creación de los logaritmos, la utilización del radio unidad, la sustitución del cálculo de cuerdas por el de las razones trigonométricas, la confección de tablas modernas, el uso del formalismo algebraico, la relación con el Análisis (desarrollos en serie de las funciones trigonométricas, utilización de los



Algunas fórmulas de Trigonometría esférica

$$\begin{aligned}\frac{\sin a}{\sin A} &= \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C} \\ & \text{("teorema del seno")} \\ \cos a &= \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A \\ & \text{("teorema del coseno del lado")} \\ \cos A &= -\cos B \cos C + \sin B \sin C \cos a \\ & \text{("teorema del coseno del ángulo")}\end{aligned}$$

números complejos, etc.) durante los siglos XVI, XVII y XVIII configuran la disciplina prácticamente como es hoy. Por otra parte, el desarrollo de los estudios astronómicos, geodésicos, etc. y de las aplicaciones a la navegación y la técnica la convierten en una materia de alto interés práctico.

Situación actual La Trigonometría ha desaparecido actualmente de los cursos universitarios de matemáticas y constituye un capítulo muy reducido en los de otros niveles de enseñanza. Por otra parte, hace mucho tiempo que no tiene problemas objeto de investigación; se trata, prácticamente, de un cuerpo de conocimientos cerrado. Ello es debido, en gran medida, a que muchos aspectos clásicos de la misma (como el estudio de las funciones trigonométricas, emparentadas con la exponencial) han sido absorbidos por el Análisis. Y, por otra parte, a que la atención que la misma prestaba a las cuestiones computacionales (obtención de sofisticadas fórmulas calculables logarítmicamente, utilización óptima de las tablas, etc.) han dejado de interesar con la aparición de nuevos instrumentos de cálculo. Por último, la Trigonometría propiamente dicha —la solución de triángulos planos o esféricos— se ha convertido en una simple técnica, perfectamente conocida, establecida y trivializada por profesiones especializadas (desde los astrónomos y navegantes hasta los topógrafos y agrimensores), cuando no incorporada —debidamente programada y mecanizada— en sistemas automáticos de cálculo, navegación y control.

Véase **Geometrías; Logaritmo y otras funciones elementales**

Tubo de rayos catódicos

El tubo de rayos catódicos es un dispositivo capaz de producir una imagen visual por medio de una serie de circuitos electrónicos. Inventado en 1875 por William Crookes y perfeccionado más tarde por varios científicos, este tipo de tubos es un elemento básico en aparatos de televisión, pantallas de radar e instrumentos científicos, como los osciloscopios.

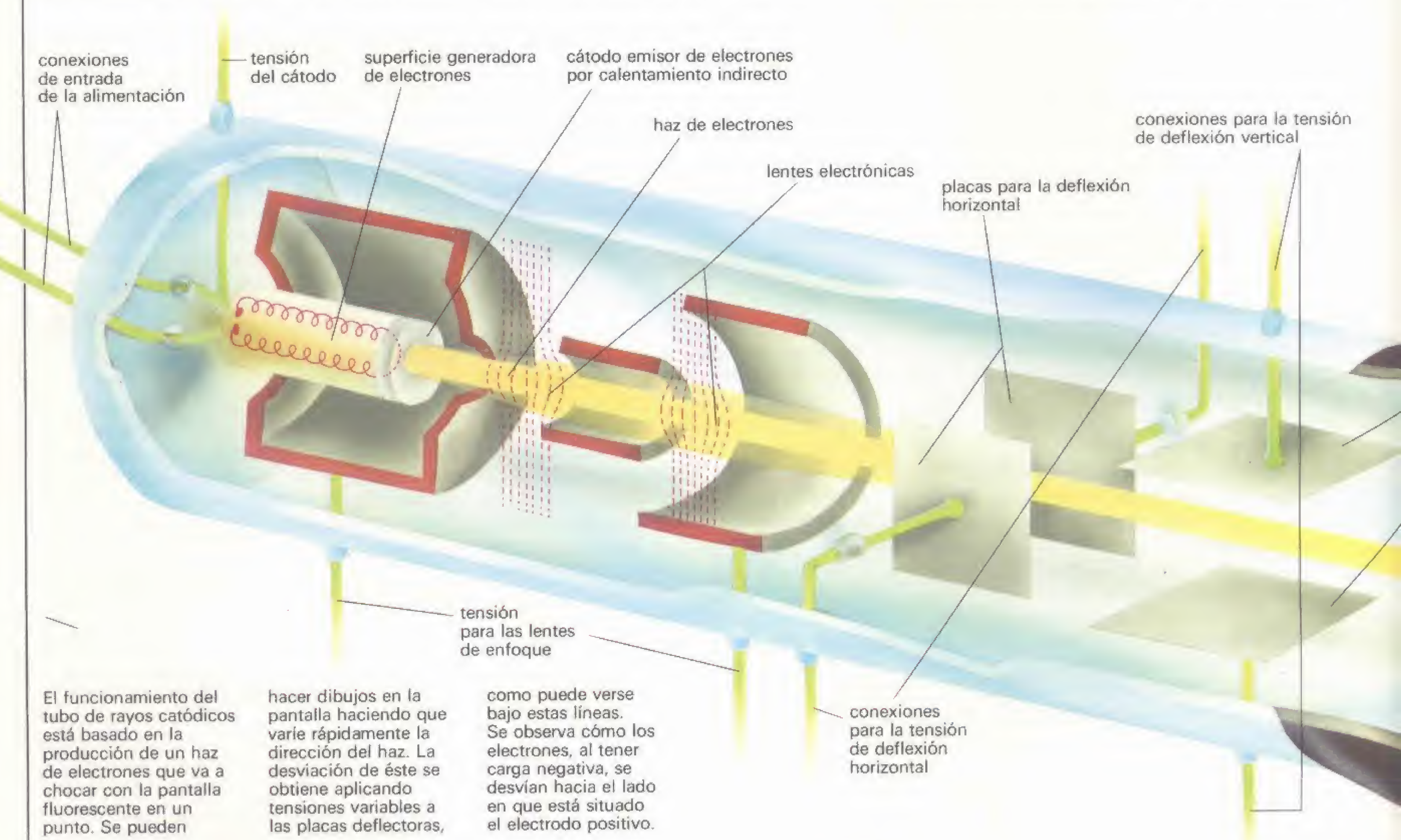
Consiste en una ampolla de vidrio, en la que se ha hecho el vacío, que tiene en un extremo una pantalla recubierta interiormente por un material fluorescente. En el otro extremo se encuentra un *cañón electrónico* que emite un fino haz de rayos catódicos, es decir, un "chorro" de electrones que, al incidir sobre la pantalla fluorescente, excitan los átomos del material que la cubre y los hacen brillar, produciendo un punto visible. Para que la imagen conseguida sea utilizable son necesari-

os también un *sistema de enfoque* y un *sistema de deflexión*.

El cañón electrónico El cañón electrónico se compone fundamentalmente de tres elementos: cátodo, rejilla y ánodo. Este último (polo positivo) se mantiene a una tensión positiva bastante alta respecto al cátodo (polo negativo), que está fabricado con cesio, un metal muy reactivo. Cuando en el cátodo, gracias a la acción de un filamento, se produce un aumento de temperatura, el cesio desprende electrones y éstos, al tener carga eléctrica negativa, se mueven hacia el ánodo. En el centro de éste existe un pequeño orificio por el que pasa una parte de los electrones en dirección a la pantalla formando un haz divergente, cuya intensidad se regula variando la tensión de una rejilla dispuesta entre el ánodo y el cátodo.

La pantalla fluorescente Cuando el haz de electrones llega a la pantalla, su energía debe convertirse en energía luminosa que estimule la vista. El interior de la pantalla está recubierto con sustancias químicas fluorescentes que emiten luz cuando son alcanzadas por el haz de electrones. Para los tubos de rayos catódicos que producen imágenes en blanco y negro se suelen utilizar como materias fluorescentes sulfuro de cinc y sulfuro de cinc-cadmio, ambos activados con plata.

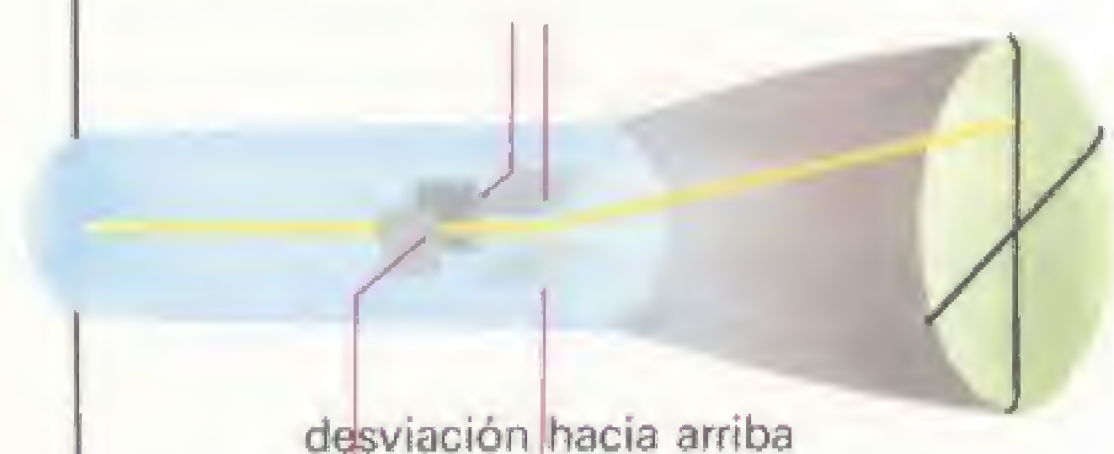
Sistemas de deflexión Para poder producir una imagen, es necesario controlar el haz de electrones que se proyecta sobre la pantalla. Con este fin se colocan entre el cañón y la pantalla dos pares de placas de deflexión, una horizontal y otra vertical, que desvían el haz y lo dirigen hacia las distintas zonas de la pantalla para



El funcionamiento del tubo de rayos catódicos está basado en la producción de un haz de electrones que va a chocar con la pantalla fluorescente en un punto. Se pueden

hacer dibujos en la pantalla haciendo que varíe rápidamente la dirección del haz. La desviación de éste se obtiene aplicando tensiones variables a las placas deflectoras,

como puede verse bajo estas líneas. Se observa cómo los electrones, al tener carga negativa, se desvían hacia el lado en que está situado el electrodo positivo.



El tubo de rayos catódicos surgió de las experiencias que realizaron varios físicos en el siglo pasado, haciendo pasar electricidades de alta tensión a través de tubos en los que se

había hecho el vacío. La forma del tubo descrita en el esquema se debe al físico Braun. Después, el tubo experimentó una gran evolución para poder ser utilizado en el osciloscopio, en el que constituye el elemento

de presentación de las medidas realizadas. Sin embargo, éste sólo fue el principio de la carrera de este invento. En los años treinta, se convirtió en el corazón del nuevo microscopio electrónico, aunque

en esta versión estaba mucho más elaborado, sobre todo desde el punto de vista de la óptica electrónica. No obstante, la aplicación que ha producido el mayor número de modelos ha sido la televisión. En esta

versión se han construido centenares de millones de tubos y probablemente se construirán otros tantos antes de que sea sustituido por las pantallas planas de cristal líquido. En la página siguiente,

a la derecha, puede compararse la pantalla redonda del tubo de rayos catódicos clásico con la del televisor, de forma casi rectangular. En la actualidad se tiende a acortar cada vez más la pantalla de televisión, proceso que

formar las imágenes. Varios circuitos electrónicos externos al tubo hacen que las placas se carguen positiva y negativamente, produciendo un campo eléctrico entre cada par de placas. Estos campos eléctricos desvían el haz de electrones a derecha e izquierda, y hacia arriba y hacia abajo, de forma que alcance los distintos puntos de la pantalla. Actuando de forma coordinada y rápida, de acuerdo con las señales eléctricas externas, las placas de deflexión pueden desviar el haz simultáneamente en dirección horizontal y vertical, haciendo que describa imágenes y figuras. Cuando estas imágenes se producen muchas veces por segundo, se crea la sensación de movimiento, al no apreciar el ojo el paso de imágenes sucesivas.

Aplicaciones del tubo de rayos catódicos Estos tubos se utilizan en una gran

variedad de dispositivos que representan visualmente fenómenos eléctricos, u otros fenómenos que se puedan transformar en eléctricos. Los osciloscopios, cuya parte central es un tubo de rayos catódicos, se utilizan en los laboratorios para estudiar el comportamiento de aviones, automóviles y aparatos electrónicos de todo tipo. Los tubos de rayos catódicos también se utilizan como visualizadores (*displays*) en los radares, en los videoterminals de ordenadores, en los procesadores de textos y en aparatos médicos, como los de rayos X, aunque, desde luego, su aplicación más común es en los televisores.

La imagen de televisión es en realidad un conjunto de millares de puntos de luz producidos por el impacto del haz de electrones con la superficie interna del tubo, cubierta por material fluorescente. La pantalla del televisor está dividida en

525 (en Estados Unidos) o 625 (sistemas europeos) líneas horizontales, cada una de ellas formada por unos trescientos cuadros, que va recorriendo el haz. Este recorre los cuadros sucesivamente, siguiendo un camino en zig-zag, y "barre" toda la pantalla, de acuerdo con las órdenes del centro transmisor de televisión, treinta (sistema estadounidense) o veinticinco (televisión europea) veces por segundo. Al repetirse este proceso, cada recorrido completo de la pantalla corresponde a una imagen diferente, produciendo la sensación de que la imagen se mueve con continuidad, de la misma manera que una película de cine crea la ilusión de imagen en movimiento por la proyección rápida de una secuencia de imágenes sucesivas.

Véase Osciloscopio y oscilógrafo; Rayos X; Televisión

Abajo, un tubo de rayos catódicos como el utilizado en los osciloscopios para medida de señales eléctricas. A la izquierda, el dispositivo que produce el haz de electrones, llamado cañón electrónico, constituido por un filamento de wolframio

que calienta una fina capa de metal cubierta de óxidos de tierras raras. Estos tienen la propiedad de emitir electrones eficazmente cuando se calientan. Los electrones emitidos se dispersarían en todas las direcciones si no se enfocaran dos veces

con el ánodo y las dos lentes electrónicas consecutivas. La forma abombada de las líneas del campo eléctrico desvía los electrones igual que una lente de vidrio desvía un rayo de luz. Una vez enfocado, el haz producido por el cañón se desvía aplicando

una tensión a las placas verticales (que desvían en horizontal) o a las horizontales (que desvían en vertical). El haz choca al final con la zona interna de la pantalla y se hace visible porque excita la fluorescencia del material que la recubre.

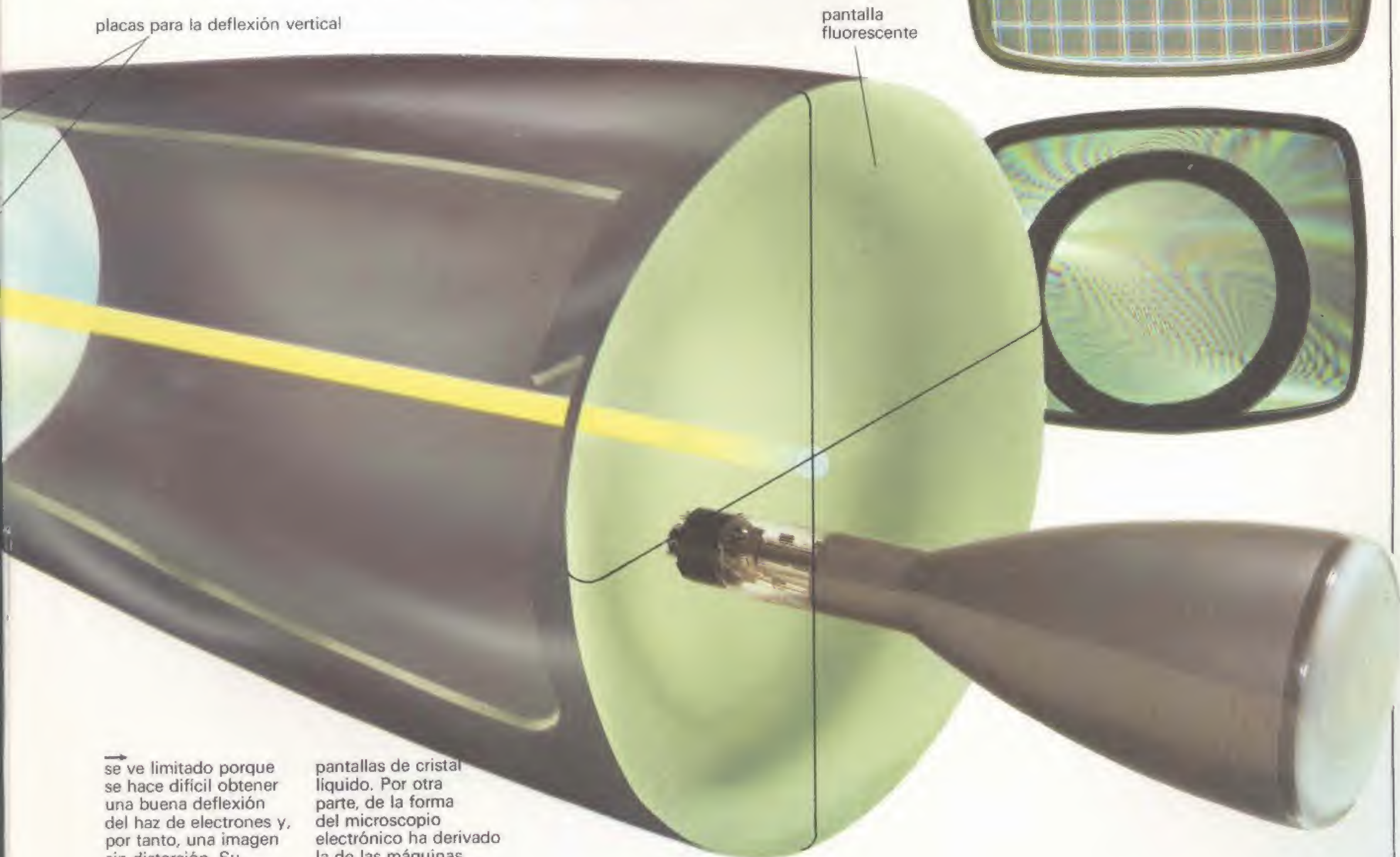


placas para la deflexión vertical

pantalla fluorescente

se ve limitado porque se hace difícil obtener una buena deflexión del haz de electrones y, por tanto, una imagen sin distorsión. Su perfeccionamiento ha alejado la necesidad de sustituirlo rápidamente por las

pantallas de cristal líquido. Por otra parte, de la forma del microscopio electrónico ha derivado la de las máquinas diseñadoras utilizadas en la creación de circuitos integrados de alto nivel.



Tubo neumático para reparto

El notable incremento que ha experimentado el tráfico de correspondencia, sobre todo en aquellas grandes ciudades que han tenido un fuerte desarrollo industrial, ha estimulado la búsqueda y adopción de nuevos métodos orientados a facilitar la clasificación y reparto del correo. Entre los distintos sistemas de reparto, el correo neumático es el más interesante. Se trata de un método rápido de transmisión de la correspondencia entre los distintos departamentos de un edificio o de una ciudad, utilizando para ello una red de tubos de acero con un diámetro interno de aproximadamente 80 cm.

Dentro de estos tubos circulan cilindros ligeros de metal, cartón, fibra o plástico, llamados *cartuchos*, que transportan la correspondencia, principalmente, el correo urgente, aéreo y los telegramas. Los tubos tienen una capacidad media de envío de cuarenta telegramas y veinte cartas cada quince segundos. Las instalaciones de correo neumático están formadas por una o dos centrales de aspiración o bombeo y por una red de tubos que comunica los distintos puntos de llegada y de partida. Los cartuchos circulan por los tubos mediante aspiración, compresión del aire o por ambos métodos simultáneamente, aunque, en general, suelen preferirse las instalaciones de aspiración. El correo viaja dentro de los tubos a una velocidad de aproximadamente 35-40 km/h.

Para la distribución de los cartuchos a las distintas direcciones, y para poder comunicar directamente dos estaciones de la red, se utiliza una central de relés a la que llegan todos los cartuchos que se envían. Estas centrales disponen de un anillo giratorio en el que a cada posición le corresponde un destino: de este modo, la central envía las órdenes necesarias para preparar los intercambios a lo largo del recorrido, de forma que el cartucho llegue a su destino sin contratiempos.

El sistema de correo neumático suele utilizarse en los grandes complejos industriales y comerciales. En el caso de redes muy complejas, con amplias necesidades operativas, pueden instalarse y funcionar, simultáneamente, dos o más sistemas de tubos neumáticos, cada uno con una extensión y capacidad de trabajo, adecuadas a las diferentes necesidades específicas. En la figura de la derecha se muestra el esquema de un proyecto para la instalación de un sistema de correo neumático que permita la comunicación entre las oficinas, centros de producción y terminales de reparto en el interior de una gran fábrica o centro industrial.

Este método se ha aplicado con éxito en algunas grandes ciudades del mundo, ya que, además de presentar la ventaja de un envío continuo y a una velocidad que no se puede conseguir en una ciudad con otros medios de transporte, sustituye al servicio de carteros (un operador en la central puede realizar una labor equivalente a la de treinta carteros), lo que permite una notable economía en la gestión. Las primeras instalaciones de correo neumático se construyeron en Italia en 1912. Durante las dos guerras mundiales sufrieron daños importantes o fueron destruidas, pero después fueron reconstruidas y ampliadas. En 1972, Roma tenía una red de 58 km, y en Nápoles y Milán se hicieron



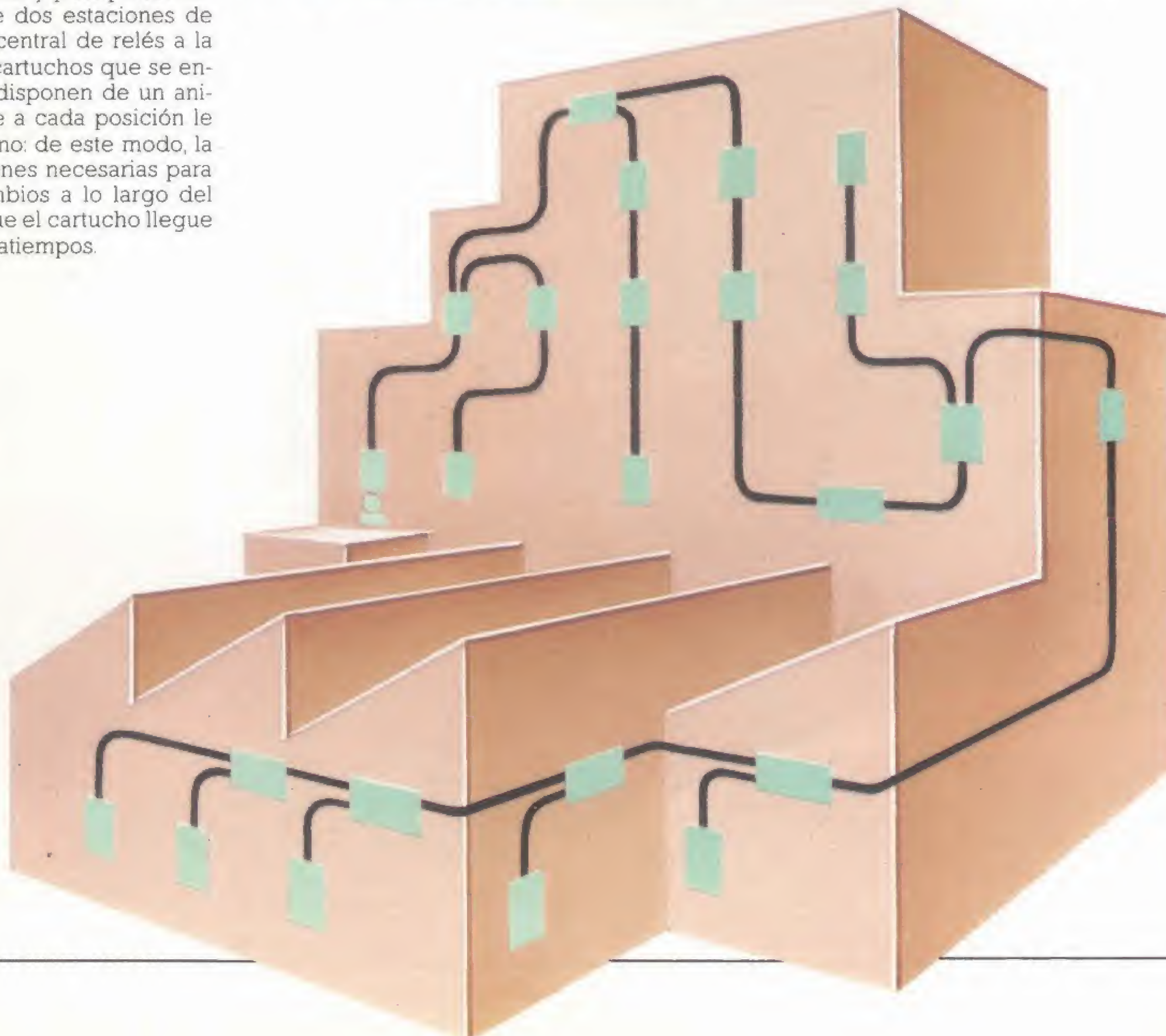
Oppent S.r.l., Milán

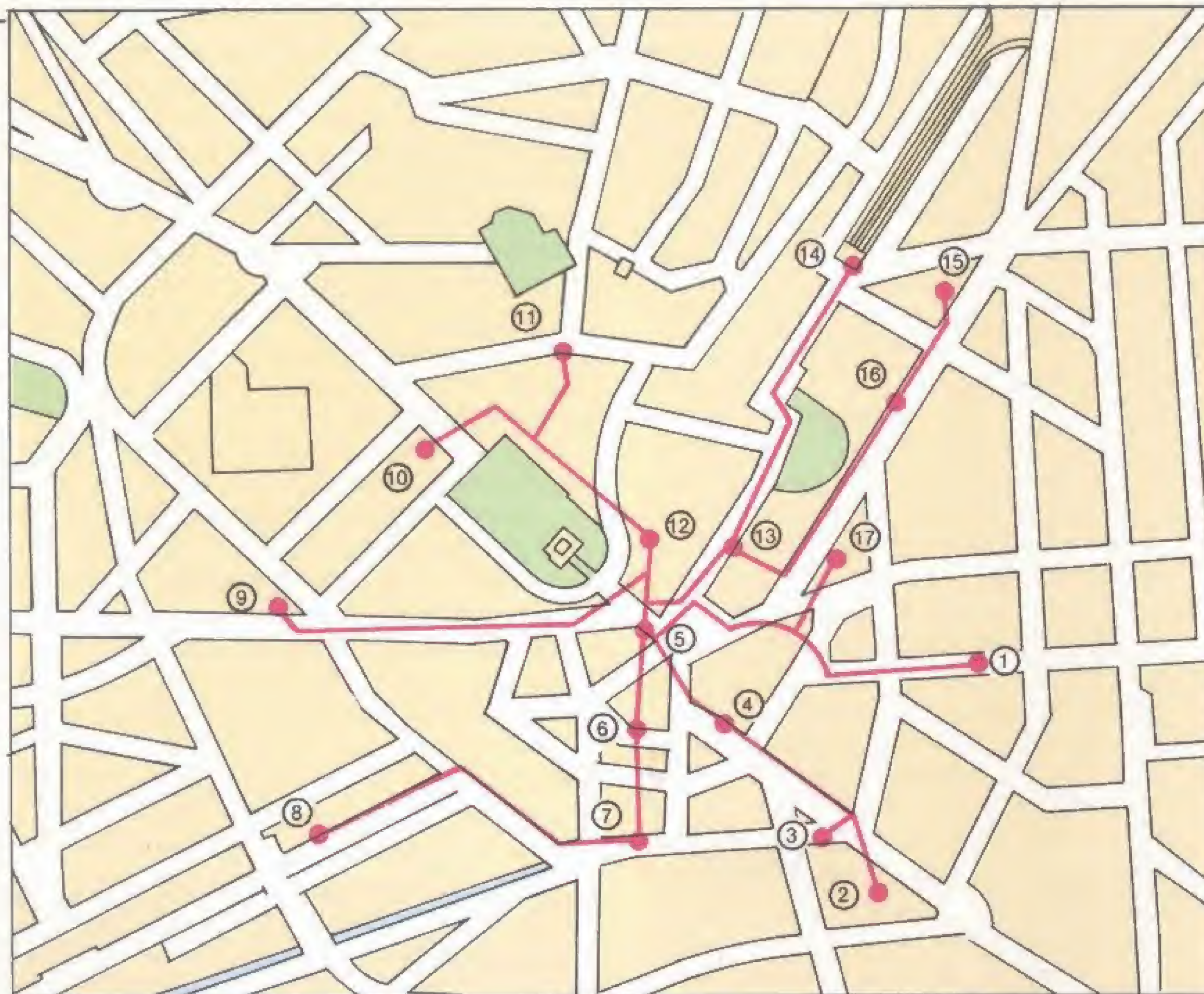


Oppent S.r.l., Milán

El sistema de correo neumático permite el envío y la recepción de pequeños objetos y documentos a lo largo de trayectos tanto horizontales como verticales. Arriba, un panel de mando en el que se marca el código del destinatario antes de introducir el cartucho. Dispone de diversos indicadores de información operativa, entre los que se encuentra un disco luminoso que avisa de la llegada del envío al punto de destino. Cada estación local

está conectada a una unidad central de control, que coordina las distintas operaciones que se llevan a cabo. A la izquierda, sistema electrónico que controla la puesta en marcha de los motores de cada estación, así como el sentido del movimiento del aire (producido por varias turbinas) en los diferentes conductos de la red, según las órdenes de la central de control. En caso de producirse una sobrecarga en el sistema, se activa un indicador luminoso.





- | | | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| ① calle Mantova | ⑥ paseo de Porta Ticinese | ⑩ calle Piernarini | ⑭ estación de ferrocarril |
| ② calle Sabotino | ⑦ calle Gian Galeazzo | ⑪ puerta de Volta | ⑮ calle Settaia |
| ③ plaza de San Nazzaro | ⑧ calle Solari | ⑫ calle Sacchi | ⑯ calle Casati |
| ④ paseo del XXII de Marzo | ⑨ calle Belfiore | ⑬ calle Borgospesso | ⑰ paseo de Venezia |
| ⑤ central de correos | | | |



nuevas conexiones; Génova tenía una instalación de 12 km y Bolonia una de 2 kilómetros.

Este método, que actualmente está siendo abandonado por los servicios oficiales de correos para dejar paso a la mecanización automática y semiautomática, se utiliza todavía en las oficinas de los grandes complejos industriales para el intercambio de documentos internos, así como en algunos grandes hospitales para el envío rápido de plasma, medicamentos, radiografías, etc. El correo neumático tiene también aplicación en los altos hornos, en los que a través de la red se envían muestras de la colada al laboratorio especializado en los análisis metalográficos.

Véase Clasificación postal automática



En el plano superior, red de correo neumático de Milán. A su derecha, equipo de transmisión automático. Consta de un sistema de recepción y otro de envío, formados por una serie de tubos cuyos terminales, en forma de vaso, se encuentran situados sobre una consola de distribución. El operador sólo tiene que extraer el cartucho que le llega y, en función de su destino, reintroducirlo en el

conducto adecuado. Sobre estas líneas, dos de las turbinas que, accionadas por motores eléctricos, generan el movimiento del aire en el interior de la red. A la derecha, diversos tipos de cartuchos para correo neumático; deben ser resistentes y fáciles de manejar. Son de plástico transparente, con el fin de poder identificar fácilmente su contenido. Su tapa es de material indeformable y antichoque.



Tubos de descarga

En 1853, un científico francés poco conocido, llamado Masson, encerró dos placas metálicas en una ampolla de vidrio y extrajo de su interior todo el aire que pudo. Conectó las dos placas a los bornes de una fuente de tensión eléctrica y observó cómo saltaban chispas entre ellas cuando la tensión se elevaba. Esta fue la primera vez que se observó un fenómeno de este tipo en el que, además de producirse una chispa, el gas adquiría un cierto brillo. El brillo del gas se llamó posteriormente *descarga gaseosa* o *electroluminiscencia*, y los aparatos utilizados para estudiarla empezaron a conocerse con el nombre de *tubos luminiscentes*. Muchos científicos repitieron el experimento de Masson para comprender mejor la naturaleza de las descargas eléctricas y el misterioso brillo que las acompañaba. Las investigaciones realizadas desembocaron en el descubrimiento del electrón y del tubo de gas en estado de rarefacción, así como en el desarrollo de las lámparas de descarga eléctrica, entre las que se encuentran las lámparas de neón y de vapor de mercurio que se utilizan actualmente.

Descargas electrónicas y eléctricas

En 1855, Heinrich Geissler, un soplador de vidrio de nacionalidad alemana que ya había inventado técnicas bastante perfeccionadas para extraer el aire de recipientes cerrados, comenzó a fabricar tubos de descarga gaseosa. Los científicos de todo el mundo buscaban afanosamente los *tubos de Geissler* para utilizarlos en sus experimentos. Los tubos, fabricados en todos

los tamaños, formas y colores, llevaban en su interior dos plaquitas llamadas *electrodos*. Uno de ellos, el cátodo, se conectaba al polo negativo de la fuente de tensión y el otro, el ánodo, al polo positivo. Cuando se aplica una tensión eléctrica a los dos bornes de unos electrodos que se encuentran a presión normal, no sucede nada visible, porque el aire que los rodea se comporta prácticamente como un aislante. A medida que se empieza a extraer aire, la situación va cambiando y empiezan a aparecer entre cátodo y ánodo filamentos azulados. Al extraer más aire, los filamentos se tornan de color rosa y se ensanchan hasta llenar el tubo. Si se sigue extrayendo aire, el brillo se atenúa poco a poco hasta desaparecer completamente.

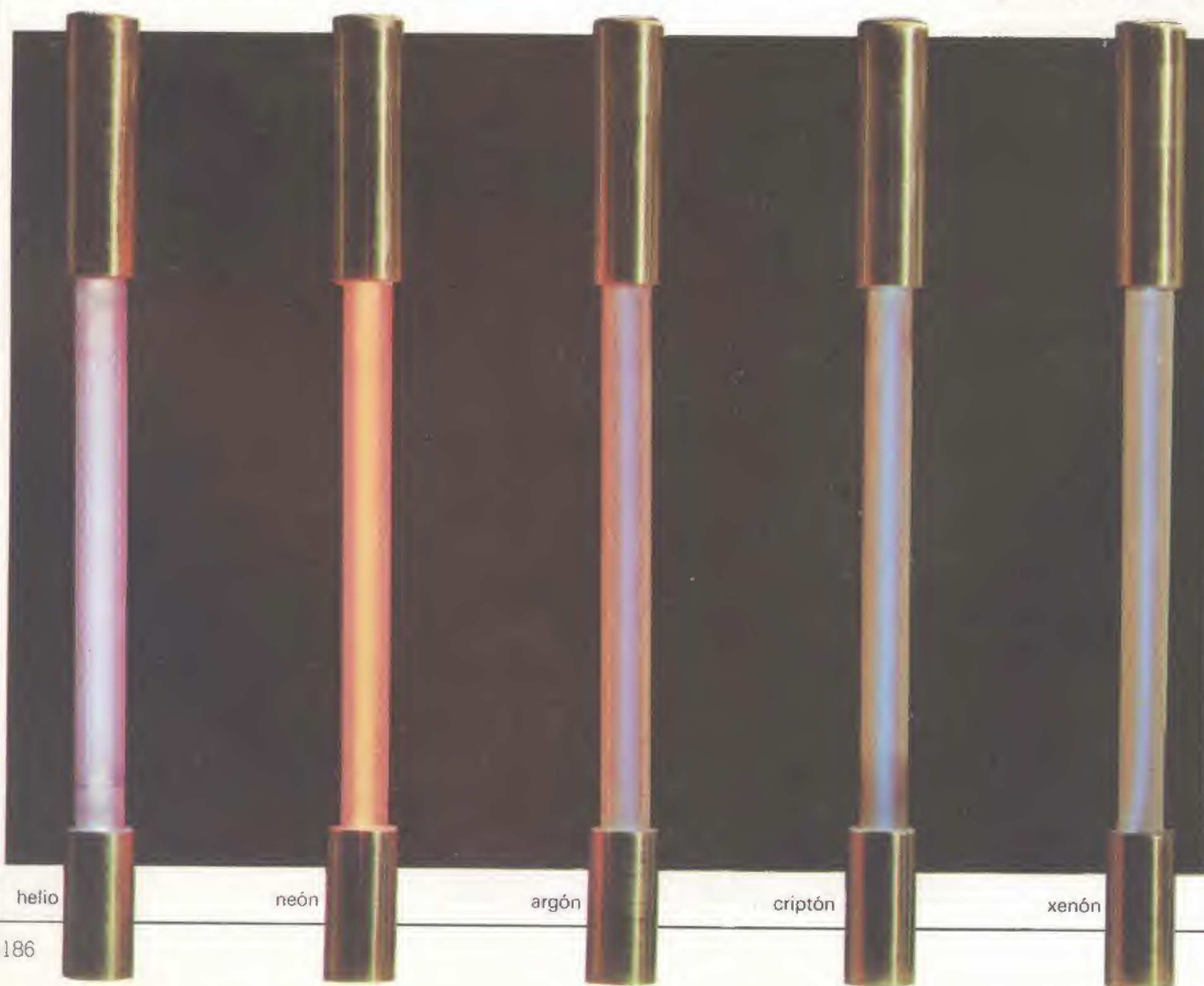
Debido a que parecía que las chispas se producían en el cátodo, se denominaron *rayos catódicos*. Para continuar los experimentos se construyeron tubos perfeccionados, que actualmente se llaman *tubos de rayos catódicos*.

En 1897, el científico inglés Joseph John Thomson observó que los rayos catódicos sufrían una deflexión cuando se sometían a un campo eléctrico, por lo que dedujo que tenían que estar formados por partículas minúsculas con carga eléctrica positiva, los *protones*, y por otras partículas, los *electrones*, con carga eléctrica negativa. (Sus trabajos sobre la conductividad eléctrica de los gases le valieron el Premio Nobel de Física, en 1906.)

Un átomo normal no tiene carga eléctrica en conjunto, porque su número de electrones y de protones es el mismo, de

forma que se equilibran las cargas negativas con las positivas. Cuando un átomo gana o pierde algún electrón por causas determinadas, sus cargas se desequilibran y el átomo, llamado entonces *ión*, adquiere carga eléctrica. Un átomo que recupera un electrón, expulsado poco tiempo antes, emite energía en forma de luz.

Estos hechos explican el porqué de las descargas gaseosas: un volumen cualquiera de un gas tiene siempre una cierta cantidad de iones y de electrones libres porque recibe permanentemente rayos cósmicos, procedentes del espacio, que en su recorrido chocan con los átomos, liberando algunos electrones. Al aplicar una tensión a los electrodos de un tubo de descarga, las partículas cargadas se dirigen hacia el ánodo o hacia el cátodo y, si la tensión es lo suficientemente elevada y la presión del aire suficientemente pequeña, los iones se mueven tan rápidamente que colisionan con otros átomos de gas, arrancando otros electrones, y en consecuencia, ionizándolos. La existencia de muchos iones y electrones permite el paso de una corriente eléctrica: los filamentos azulados mencionados anteriormente. Al aumentar la tensión aplicada, se aumenta también el número de iones, con lo que se incrementa la intensidad de la corriente eléctrica y, en consecuencia, el tamaño y la intensidad del brillo. En un determinado instante, existen tantos iones energéticos que el proceso de ionización prácticamente se autoalimenta y sólo es necesario aplicar una tensión baja para que se produzca el brillo.



A la izquierda, la familia de los gases nobles en tubos en los que se produce una descarga eléctrica que los hace luminosos. La descarga inicia una reacción en cadena entre los átomos del gas contenidos en el tubo. Estos átomos son muy susceptibles de perder fácilmente un electrón cuando choca con ellos otro electrón, que, movido por el campo eléctrico aplicado al tubo del gas, sigue chocando con otras partículas. Son necesarias dos condiciones para que se produzca la descarga: en primer lugar, el campo eléctrico tiene que ser lo bastante intenso para que el electrón, al saltar entre un choque y otro, adquiera energía suficiente para arrancar otro en el siguiente choque; y en segundo lugar, la distancia media entre electrones (negativos) e iones (positivos) debe ser grande para que la probabilidad de que se encuentren y se recombinen sea menor que la de que se produzcan nuevas ionizaciones.

Lámparas electroluminiscentes Los distintos gases producen luz de diferentes colores. En un tubo de descarga, el neón emite luz roja, el vapor de mercurio, luz verdosa y el vapor de sodio, luz amarilla. La utilización de lámparas electroluminiscentes se limitó, en un principio, a aplicaciones exteriores, porque la luz que producían no era lo suficientemente intensa para su uso en interiores, además de poseer un color bastante desagradable. Posteriormente la técnica consiguió fabricar lámparas que producían colores más variados y aceptables. Finalmente, se crearon las lámparas fluorescentes, una variante de tubos electroluminiscentes, apta para la iluminación de interiores. Están constituidas por un tubo de vidrio revestido de material fluorescente pulverizado (vapor de mercurio a baja presión), que contiene dos electrodos en sus extremos.

Véase Lámpara de arco; Luz; Tubo de rayos catódicos

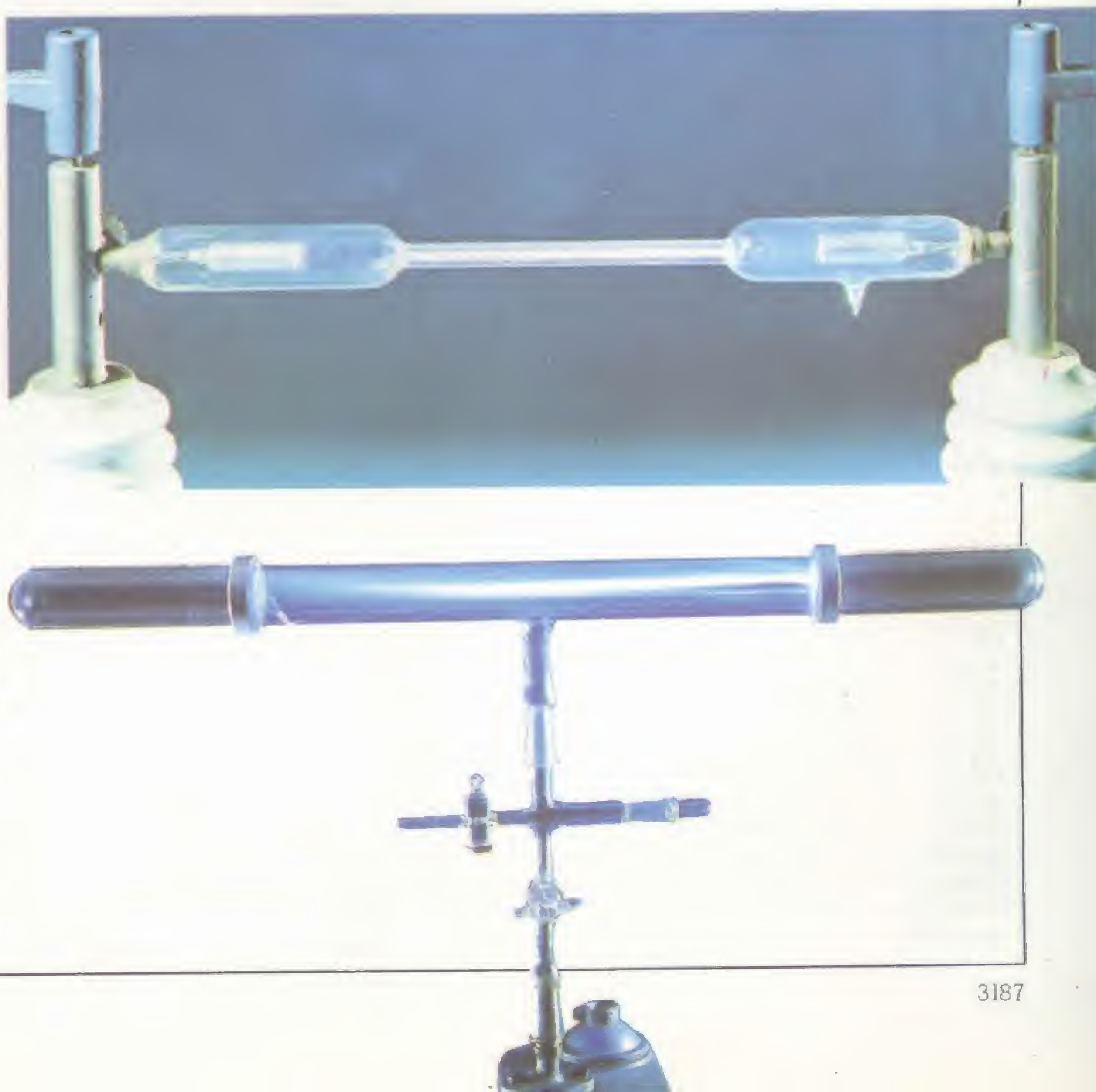


A la derecha puede observarse el característico trazado de un rayo durante una tormenta; esta potentísima descarga eléctrica se produce en la atmósfera media y baja, y necesita de una diferencia de potencial muy grande para poder desarrollarse en toda su majestuosa longitud. Son necesarios del orden de un millón de voltios por metro de longitud para que se pueda producir la descarga, lo que significa que un rayo de un kilómetro necesita mil millones de voltios, existiendo rayos de hasta decenas de kilómetros. Su forma serpenteante se debe a que la ionización del aire por el que se abre camino varía de un sitio a otro, y a que el campo magnético que él mismo induce altera su propia dirección. A la izquierda de estas líneas, la descarga en forma de pequeño rayo de pocos centímetros de longitud que se produce artificialmente en un laboratorio al crear una alta diferencia de potencial entre dos esferas metálicas conectadas a un transformador de alta tensión.



Sobre estas líneas, un arco voltaico, que no es propiamente una descarga gaseosa. En efecto, el campo eléctrico entre bornes es tan alto que el medio se ioniza y se convierte en un plasma de alta conductividad que

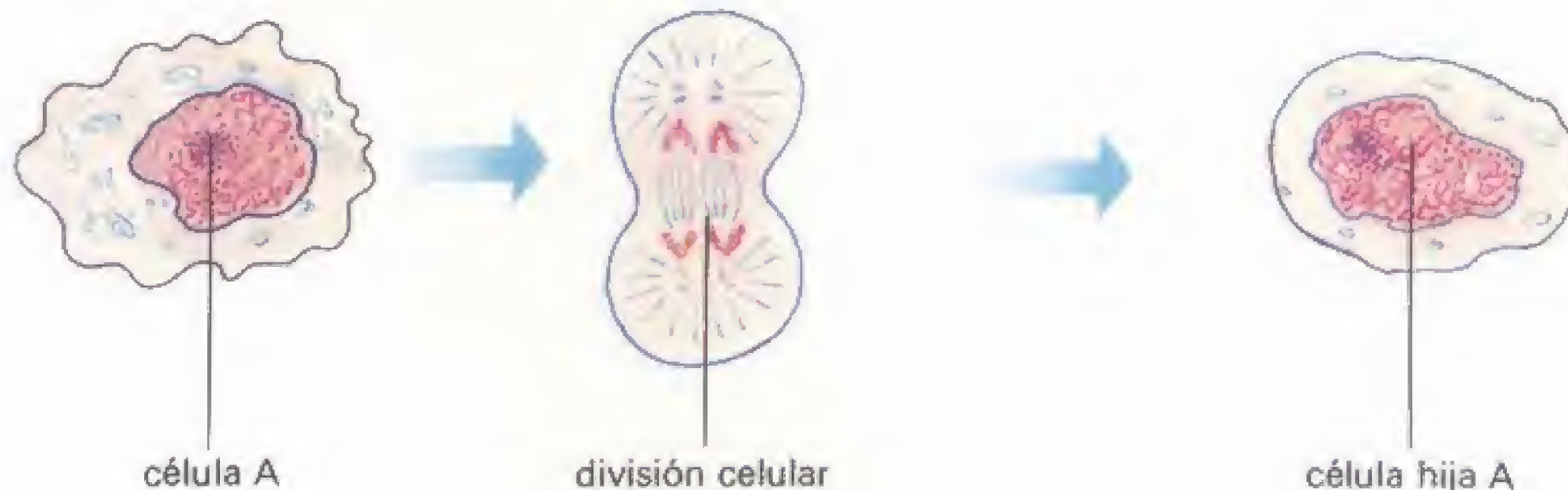
propaga la corriente. Por otro lado, en la descarga gaseosa no se consumen los electrodos. El arco funciona en el vacío. A la derecha, diferentes formas que pueden adquirir los tubos de descarga utilizados en un laboratorio.



Tumor

Cualquier organismo multicelular, desde los insectos a los seres humanos, pasando por las plantas, es susceptible de experimentar crecimientos anormales de masas de tejidos que se desarrollan de manera independiente del tejido circundante. Estos crecimientos anormales son los tumores. Habitualmente, los tumores son benignos, es decir, no suponen riesgo de muerte para el paciente afectado, son localizados, crecen lentamente y las células que los constituyen son muy semejantes a las células del tejido que les dio origen. Los tumores benignos son peligrosos solamente si interfieren con la función de los tejidos o de los órganos que los rodean. Un tumor cerebral o uno ocular, por ejemplo, pueden llegar a tener tal tamaño que afecten a los tejidos circundantes, obstruyendo la circulación sanguínea y provocando a veces infarto cerebral o ceguera. En cualquier otro caso, los tumores benignos (de los que son un ejemplo las verrugas) se desarrollan y desaparecen sin provocar excesivo malestar ni apren-

DIVISION CELULAR Y FORMACION DE LOS TEJIDOS

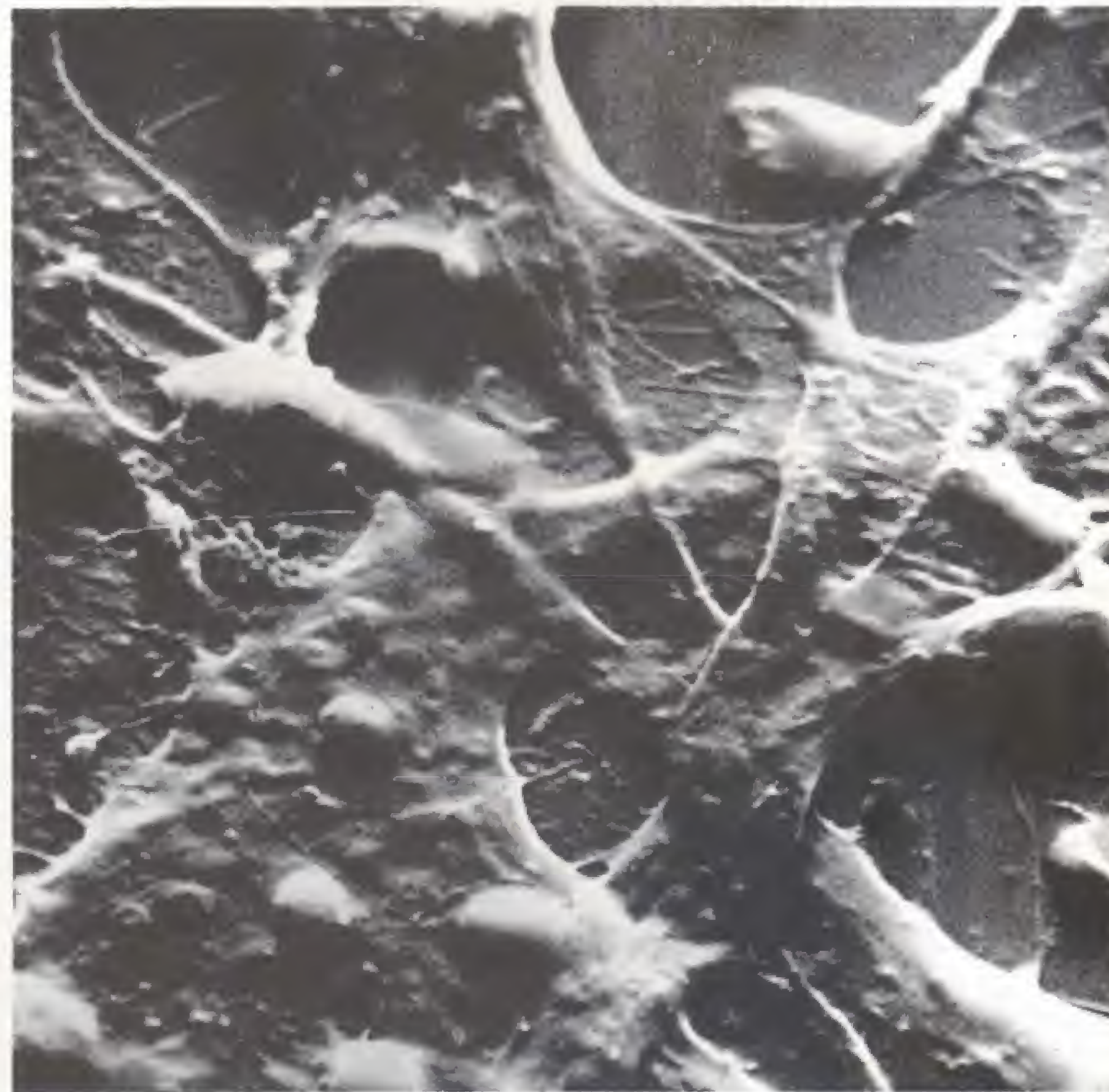
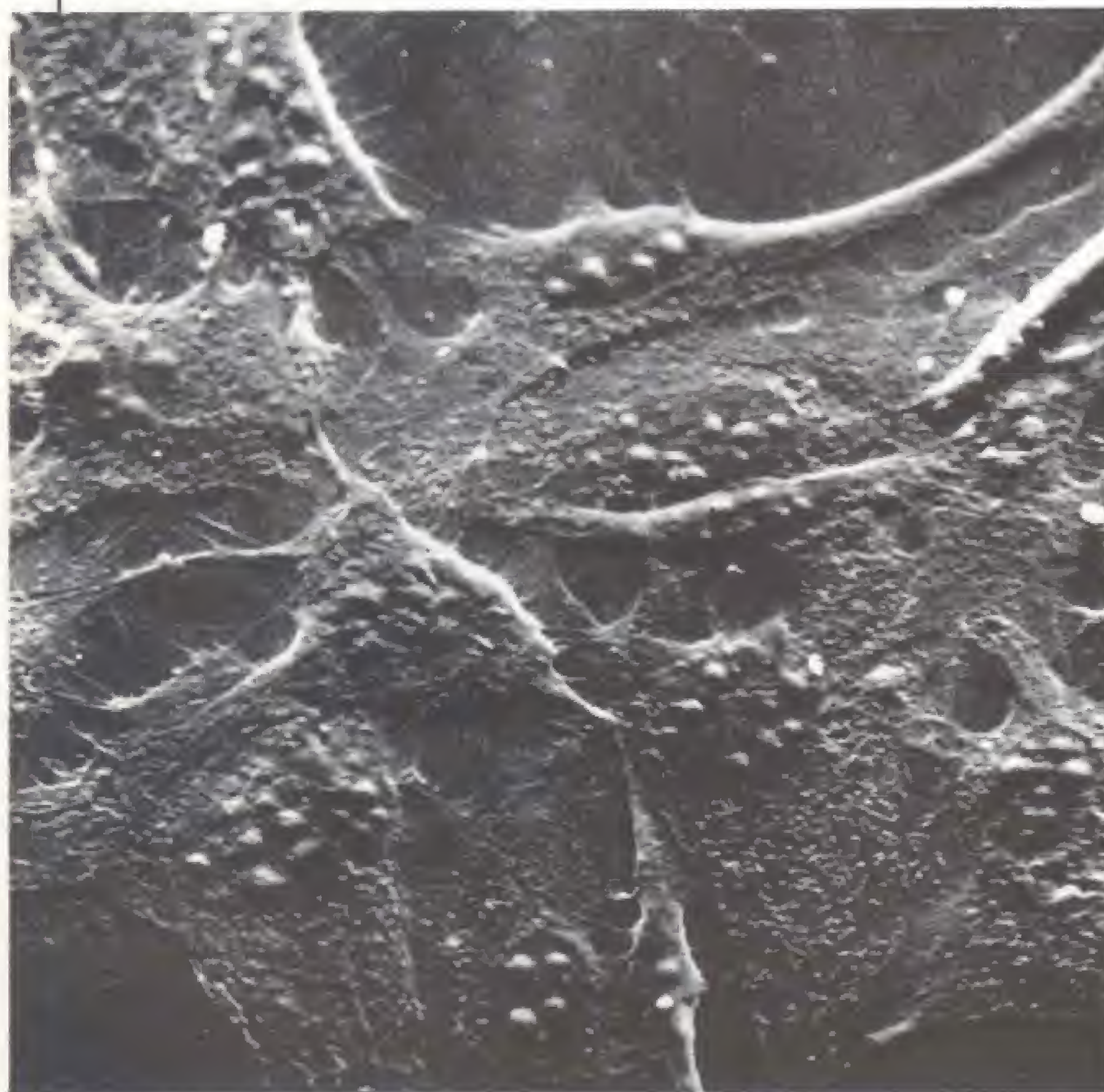


Una característica típica del tejido tumoral es la estructura desordenada y caótica. Abajo, a la izquierda, células sanas de tejido epitelial observadas al microscopio electrónico de barrido. A la derecha, células epiteliales tumorales. Resulta evidente en

estas últimas la profunda alteración de la estructura provocada por el crecimiento neoplásico. El esquema de la parte superior muestra cómo cada tejido del organismo está constituido por un conjunto regular y ordenado de células

siempre similares a sí mismas. Si un agente cancerígeno (por ejemplo, un virus) altera el patrimonio genético de la célula, ésta, cuando se reproduce, originará células que presentan alteraciones tumorales. En la página siguiente se han esquematizado los

resultados de uno de estos estudios, de los que se ha concluido que los agentes cancerígenos ejercen su acción patógena sólo sobre células predispuestas; se ignora si éstas están ya presentes en el nacimiento o si son causadas por factores externos.



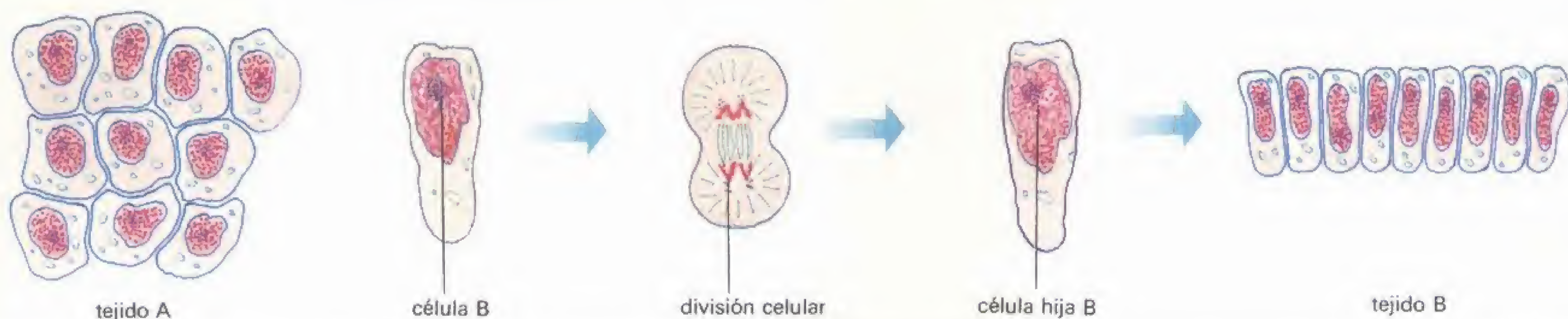
sión. En intervenciones quirúrgicas se han llegado a extirpar masas tumorales de hasta treinta y dos kilogramos de peso, aunque la mayor parte de los tumores son de un tamaño mucho más pequeño.

Sin embargo, existen formas de tumores que pueden llegar a ser mortales: son los tumores malignos, conocidos globalmente con el nombre de *cáncer*. Los límites entre los tumores benignos y malignos son muy sutiles, y cualquier forma tumoral debería ser diagnosticada lo más pronto posible, tanto en el hombre como en los animales. Un tumor benigno, como un pólipo unido al revestimiento del estómago, que se ulcera puede transformarse rápidamente en un tumor maligno y provocar un cáncer de estómago.

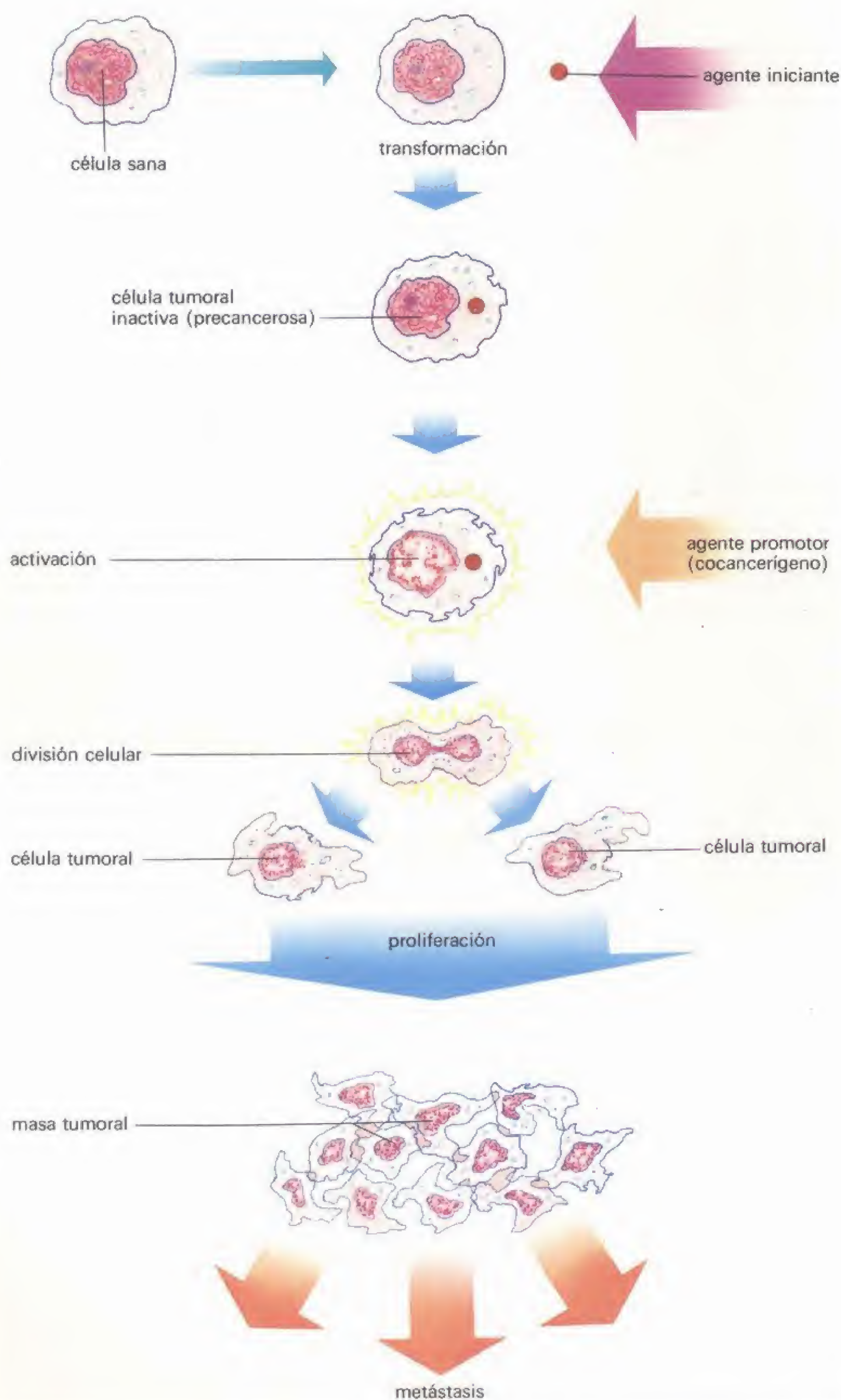
En una neoplasia maligna existe algo que no funciona en los mecanismos reguladores de la reproducción celular. Un error del código genético de una célula, provocado a veces por radiaciones o por un virus, determina el anormal crecimiento de células que se denominan mutantes. Cuando la célula se reproduce, y las células malignas comienzan a dividirse y a multiplicarse a un ritmo muy elevado, se produce el nacimiento de un tumor. Las células malignas tienden a separarse del tumor original y a invadir otros tejidos, dando así lugar al nacimiento de nuevas neoplasias. Este proceso, conocido con el nombre de *metástasis*, constituye la característica distintiva del cáncer. Mientras que las células de un tumor benigno son

escasamente mutantes, las células cancerosas son altamente mutantes y contienen núcleos engrosados y reduplicados. Estas células tienen la capacidad de alejarse del tumor original y pasar al torrente circulatorio o al sistema linfático; pueden también penetrar a través de las paredes de los órganos y difundirse a cualquier lugar del cuerpo donde lleguen. Precisamente como consecuencia de este proceso de metástasis, el cáncer asume su forma más letal, dado que se extiende a todo el organismo, originando nuevos focos tumorales, cada uno de los cuales puede desarrollarse como un nuevo tumor maligno.

Una plaga universal Se pensaba hace algún tiempo que ciertos animales y algu-



CANCEROGENESIS



nas personas eran resistentes a los tumores malignos, pero se ha demostrado que ningún animal (incluido el hombre) posee inmunidad contra el cáncer. Los peces que nadan en aguas contaminadas con sustancias cancerígenas, como el alquitrán, pueden desarrollar cánceres similares a los humanos.

Los seres humanos son susceptibles a muchas formas de cáncer; algunos, sin embargo, parecen ser más susceptibles que otros. Por ejemplo, Escocia posee, por razones hasta ahora desconocidas, la tasa más alta de formas cancerosas del mundo; Japón presenta una tasa extraordinariamente alta de cáncer de estómago, tal vez en relación con las grandes cantidades de alimentos fritos y ahumados que forman parte de la dieta de los japoneses.

Formas tumorales Los tumores pueden clasificarse según dos criterios distintos: basándose en el tipo de tejido que los ha originado o en el hecho de ser benignos o malignos. En general, los nombres de los tumores, tanto benignos como malignos, terminan con el sufijo *-oma*. Un tumor benigno de origen glandular se denomina *adenoma*. Los tumores malignos de las células epiteliales de revestimiento, que recubren la piel y otros tejidos, los órganos glandulares, como las mamas, y revisten el interior de los pulmones y el tracto gastrointestinal, se denominan *carcinomas*. Los tumores del tejido conectivo, como los que surgen del tejido óseo, de los cartílagos, del músculo, de los vasos sanguíneos y de los órganos hematopoyéticos, se denominan *sarcomas*. En este sistema de clasificación, el cáncer de mama se denomina carcinoma mamario y el cáncer de hueso se llama osteosarcoma.

Las numerosas glándulas del sistema endocrino son susceptibles de desarrollar tumores benignos. Un tumor de la glándula pituitaria (hipófisis), por ejemplo, puede provocar una hipoactividad o bien una hiperactividad de la propia glándula.

Cuando el tumor está constituido por células de tipo pituitario que se reproducen en exceso, la producción de hormonas se incrementa, y ello provoca una serie de desequilibrios orgánicos.

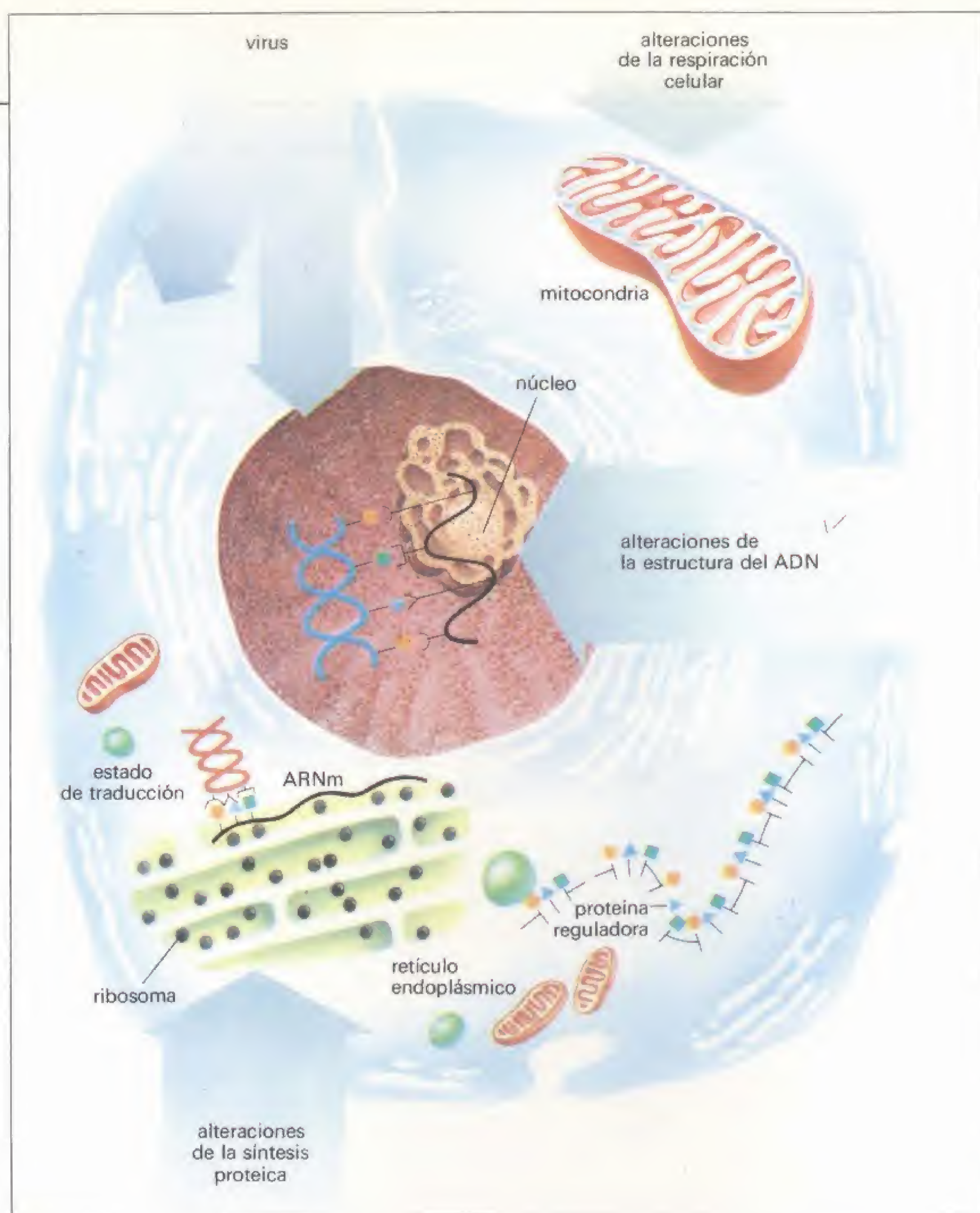
En el tracto digestivo, desde la boca hasta el ano, son frecuentes tanto los tumores benignos como los malignos. El cáncer de estómago está particularmente difundido entre los varones. Al igual que

muchos otros tumores, estas formas de cáncer no provocan síntomas apreciables hasta que se han desarrollado plenamente, una vez que han comenzado a producir metástasis, momento en el que ya es demasiado tarde para aplicar con éxito un tratamiento quirúrgico, radiológico o de quimioterapia.

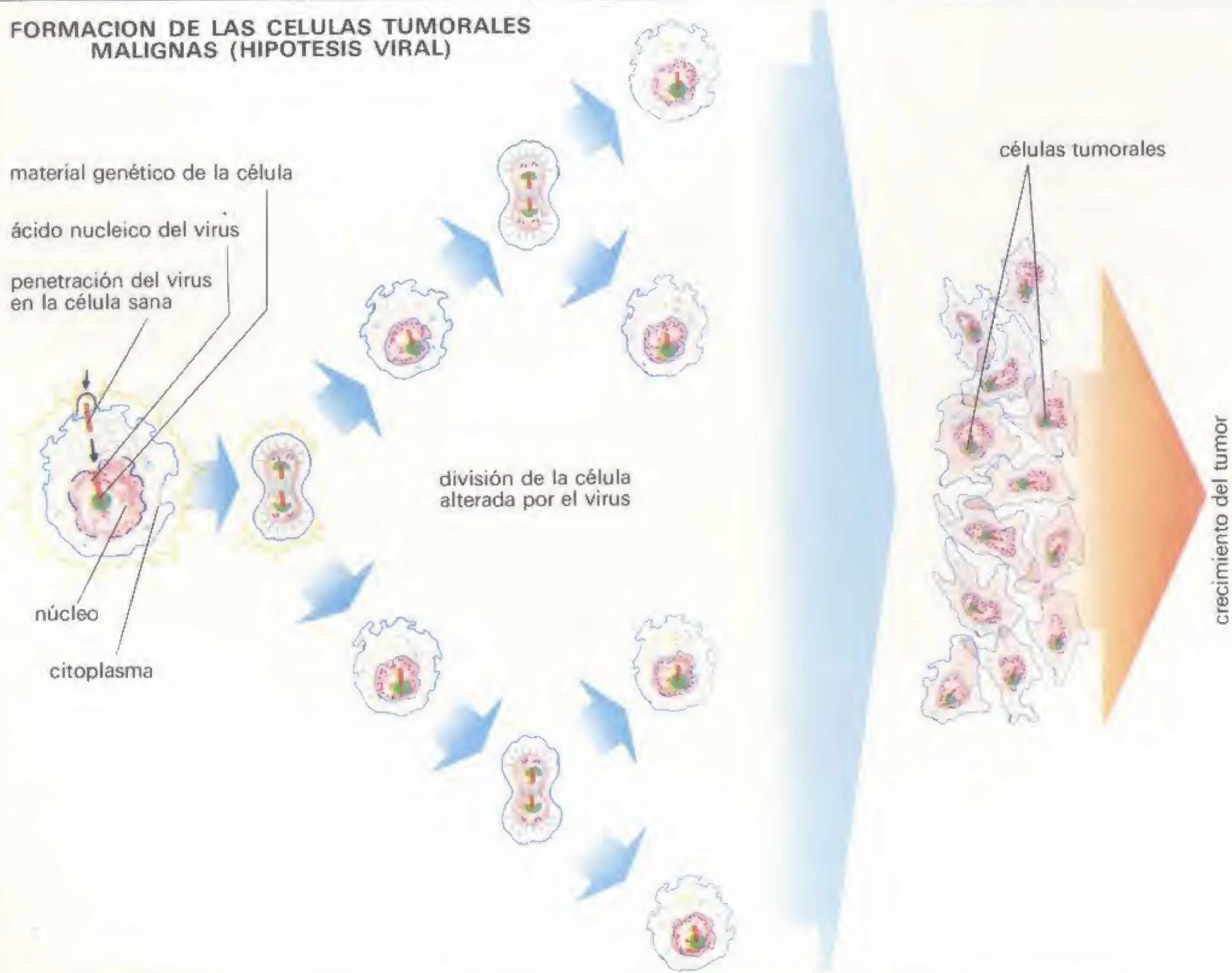
Los tumores gastrointestinales se presentan habitualmente en forma de pólipos, es decir, pequeñas masas pedunculadas que se originan a partir del revestimiento del estómago o del tejido glandular del intestino. Los pólipos benignos tienen la tendencia a transformarse en malignos y, una vez diagnosticados, deben ser rápidamente extirpados. Por otra parte, los pólipos pueden ulcerarse o bien pueden proliferar hasta el punto de producir una obstrucción intestinal. Los pólipos del estómago llegan a veces a ser tan grandes que alcanzan el duodeno, provocando complicaciones graves y hemorragias internas.

Descendientes por el tracto digestivo, los pólipos ulcerados producen en el intestino grueso reacciones análogas a las que provocan los cuerpos extraños, induciendo contracciones. De ello resulta que un segmento del intestino puede penetrar en el segmento adyacente según un proceso denominado *intususcepción*.

Los tumores malignos del intestino se encuentran entre los más frecuentes en los seres humanos. Debido a que el lado derecho y el lado izquierdo del intestino grueso poseen diferentes funciones (el lado derecho absorbe sales y líquidos y el lado izquierdo almacena el material fecal, esto es, los residuos sólidos), los tumores malignos de los dos lados son distintos. El cáncer que se desarrolla en el



FORMACION DE LAS CELULAS TUMORALES MALIGNAS (HIPOTESIS VIRAL)



Las observaciones más recientes demuestran que cualquier tipo de estímulo oncogénico, una vez que ha alcanzado la célula, provoca un daño a nivel genético que es el responsable del sucesivo desarrollo del proceso tumoral. El esquema que aparece junto a estas líneas pone de manifiesto cómo las alteraciones a nivel del patrimonio genético conducen a la formación de células hijas con lesiones de tipo tumoral. Las metástasis complican enormemente la curación del cáncer. Cuando una célula del epitelio experimenta una transformación en sentido neoplásico, origina inicialmente un tumor localizado, que posteriormente crece alcanzando los capilares sanguíneos y linfáticos. Las células que se desprenden de él pueden difundirse a otras partes del organismo y dar lugar a otros tumores, produciéndose un proceso de metástasis.

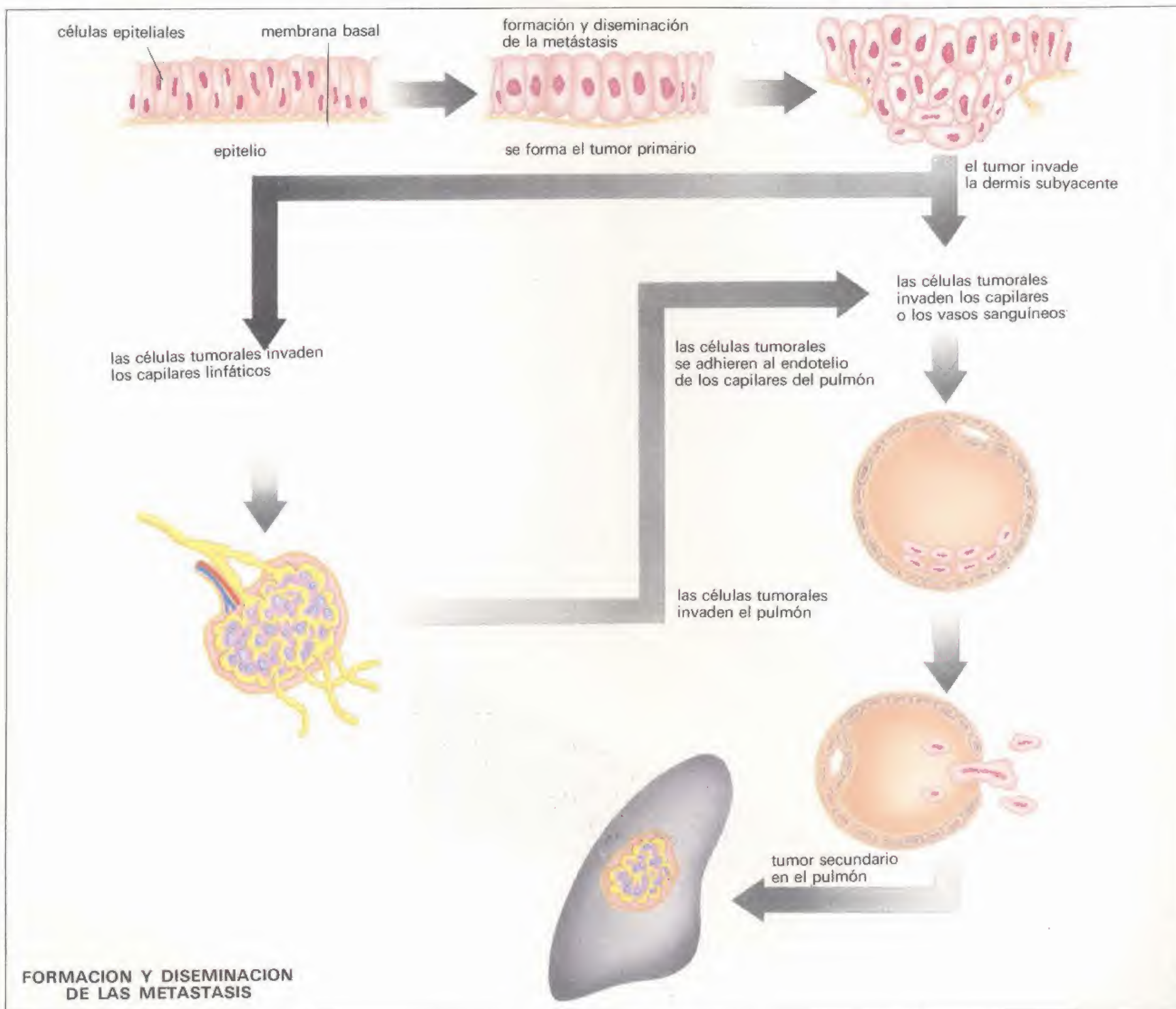
lado derecho se difunde con frecuencia hacia arriba por la pared intestinal, trastornando la función, pero sin causar obstrucción. El cáncer del lado izquierdo crece en el seno del tubo intestinal, provocando una obstrucción. La extirpación quirúrgica de estas formas tumorales, junto con la resección del colon, debe ser efectuada en las primeras fases de la enfermedad.

Tumores femeninos En la mujer los tumores más frecuentes, tanto benignos

Como en otras zonas del organismo, los tumores benignos de los órganos de la reproducción provocan una molestia que se mantiene o bien pueden transformarse en tumores malignos y letales. Desafortunadamente, los síntomas del cáncer de útero y de la cabeza del útero, hemorragias y pérdidas irregulares, son parecidos a los que producen situaciones menos graves. Por este motivo, es aconsejable someterse regularmente al test de Papanicolaou, con el fin de descubrir con la mayor ce-

los casos la extirpación quirúrgica y el examen histológico.

Son numerosas las formas de cáncer de mama cuyos orígenes aún no se conocen. Los diferentes tipos histológicos poseen también esquemas evolutivos diferentes. La hinchazón, el dolor, la retracción del pezón, el fruncimiento de la piel y la aparición de una formación secundaria, como una excrecencia en la zona de la axila, son solamente algunos de los posibles síntomas de un tumor maligno.



como malignos, se desarrollan a partir de las mamas y el útero. Los más comunes entre los tumores uterinos son los fibromas, que se forman a partir del tejido muscular y se presentan como neoplasias múltiples sobre las paredes del útero. Los fibromas pueden aumentar mucho sus dimensiones, desplazando a veces la vejiga y haciendo difícil la micción. Otros síntomas y efectos colaterales comprenden el dolor, menstruaciones muy abundantes y esterilidad.

leridad posible cualquier tipo de desarrollo celular anómalo.

El fibroadenoma es el tumor más común dentro de los tumores benignos de la mama y presenta mayor índice de incidencia entre mujeres de edades comprendidas entre los 21 y los 25 años. Este tipo de tumor puede desarrollarse y crecer rápidamente durante el embarazo, incluso antes de la menarquía y en mujeres maduras, después de la menopausia. El diagnóstico de certeza requiere en todos

Afortunadamente, hoy en día sólo una pequeña parte de los tumores se transforma en sentido maligno. Con el perfeccionamiento de las técnicas y de los instrumentos diagnósticos, y con la difusión del autoexamen, los tumores malignos pueden ser descubiertos precozmente, aumentando de este modo las posibilidades de curación y reduciendo los tratamientos necesarios.

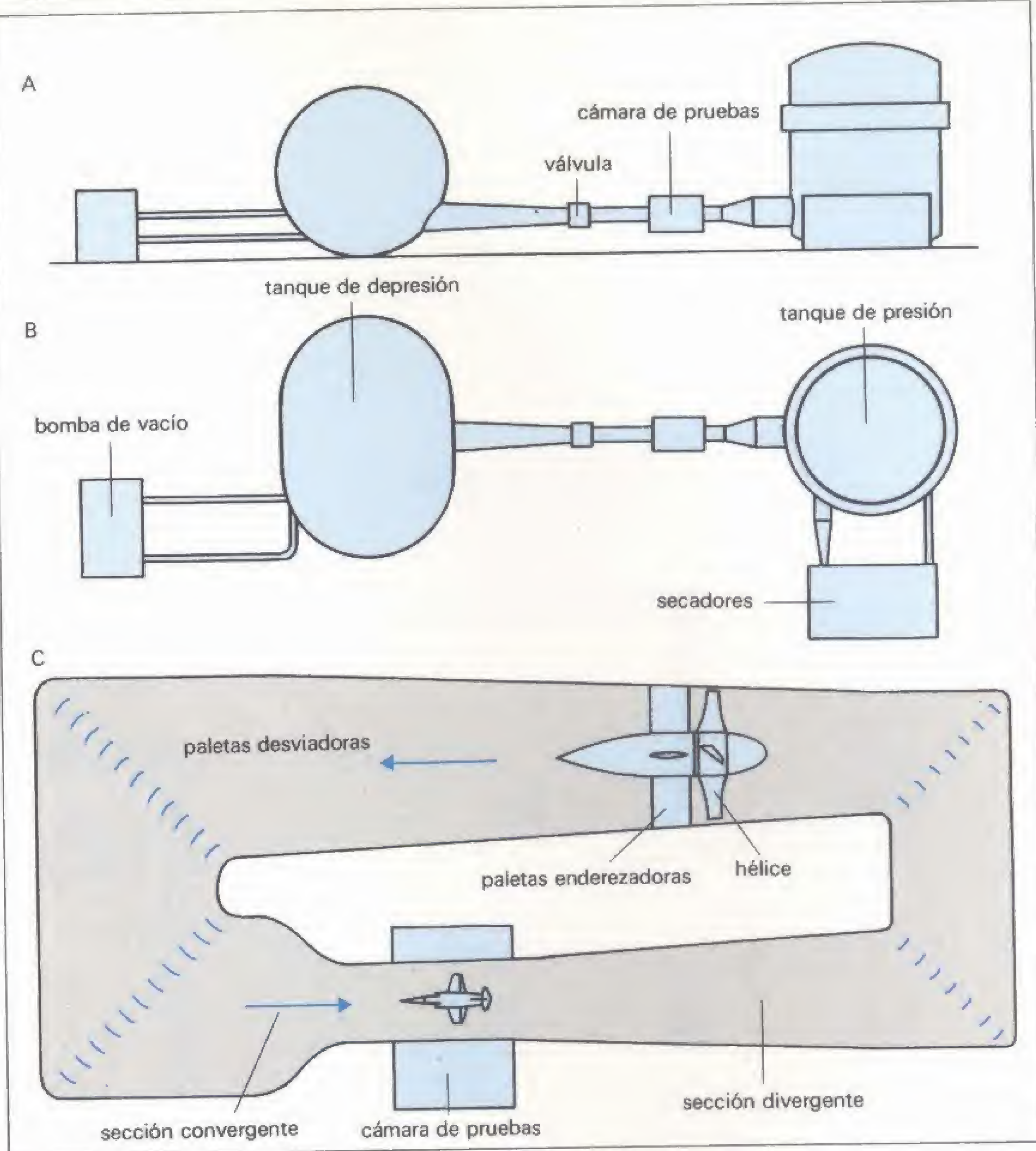
Véase **Cáncer; Célula; Gen; Genética; Medicina; Medicina interna; Radiología**

Túnel aerodinámico

El túnel aerodinámico ha jugado un importante papel tecnológico a partir de 1901, cuando los hermanos Wright, decepcionados después de haber construido varios aviones que no conseguían levantar el vuelo, decidieron construir un túnel aerodinámico o túnel de viento, donde durante dos meses probaron doscientos modelos de perfiles de sustentación hasta encontrar el modelo de ala adecuada para el vuelo.

Desde entonces, los túneles aerodinámicos han constituido una ayuda indispensable para la industria aeronáutica, desarrollando al mismo tiempo un importante papel en los más recientes campos tecnológicos de la aeronáutica y la astronáutica. En los últimos decenios, los ingenieros e investigadores de campos tan diversos como pueden ser la arquitectura, la industria automovilística y los estudios ambientales, han encontrado en el túnel aerodinámico un importante instrumento para realizar diversos tipos de pruebas y experimentos.

Condiciones de vuelo simuladas Los experimentos de los hermanos Wright tenían como objeto encontrar una forma de ala o perfil que sirviese para que un avión rudimentario pudiese emprender el vuelo. La moderna tecnología aeronáutica exige de los aviones prestaciones cada vez más elevadas, como el transporte de cargas cada vez más pesadas y mejores cualidades de estabilidad y maniobrabilidad en condiciones de vuelo difíciles. Los modernos túneles aerodinámicos son, por lo general, sistemas altamente especializados, capaces de reproducir las condicio-



nes que se presentan en los despegues y aterrizajes a bajas velocidades, e incluso las condiciones de velocidad de crucero subsónica, en las cuales pueden encontrarse tanto aviones de línea como aviones privados y militares.

Los túneles aerodinámicos para bajas velocidades crean corrientes de aire de hasta 480 km/h, mientras que los túneles supersónicos son capaces de originar un flujo de aire que viaja a una velocidad superior a la del sonido: 331,45 m/s, en condiciones normales. En el primer tipo basta una hélice para mover el aire a esa velocidad. En el caso de los túneles supersónicos, el aire es almacenado a presión antes de ser introducido en el conducto; otro sistema consiste en un depósito sometido a vacío y situado en una extremidad del túnel, que aspira el aire del extremo opuesto a gran velocidad. Existen otros modelos que utilizan una combinación de los dos sistemas, por ejemplo, un depósito bajo vacío en un extremo y uno a presión en el otro.

Las dimensiones de los túneles aerodinámicos son muy variables y existen desde modelos que caben en una mesa hasta otros del tamaño de un gran edificio, en los cuales se someten a pruebas aviones de tamaño natural. Un modelo de tamaño natural permite obtener datos más preci-



En los túneles aerodinámicos se producen corrientes de aire que son dirigidas sobre modelos para estudiar la interacción aire-objeto. En los tres esquemas de la página anterior: túnel aerodinámico supersónico visto de perfil (A) y desde arriba (B), y túnel subsónico para pruebas sobre aviones de tamaño natural (C). En las fotografías pueden verse maquetas de aviones y automóviles sometidas a pruebas en un túnel aerodinámico.

mente de arcilla, que permite hacer modificaciones sobre la marcha, en forma parecida al trabajo de un escultor.

El túnel aerodinámico se utiliza también para estudiar los efectos del viento sobre el ambiente, tanto el natural como el creado por el hombre. En ingeniería y arquitectura, se simulan fuertes ráfagas de viento para predecir el efecto que éstas pueden producir sobre rascacielos, puentes o cualquier otro tipo de estructura. Si estas pruebas no se realizan correctamente pueden presentarse graves problemas, como ocurrió en Boston, donde todas las ventanas de un gran edificio cayeron a consecuencia de un fuerte viento. Para es-



tos. La madera contrachapada, trabajada con esmero, es suficiente para la mayor parte de los túneles de baja velocidad; sin embargo, los modelos que deberán soportar fuertes presiones, como ocurre en el caso de las pruebas en túneles supersónicos, se construyen en acero.

Cómo funciona el túnel La estructura fundamental de la mayor parte de los túneles aerodinámicos es la misma. Se hace pasar aire, proporcionado por ventiladores o turbinas de accionamiento eléctrico, a través de la cámara donde se encuentra el modelo, haciendo que fluya en líneas de corriente paralelas mediante una serie de paletas, redes de paso fino o paneles de abeja. Esto sirve para eliminar en la medida de lo posible la turbulencia en el flujo de aire; de este modo, las turbulencias que se produzcan al pasar el aire alrededor del modelo podrán atribuirse a la forma del mismo y no a tendencias iniciales del aire en movimiento. Antes de entrar en contacto con el modelo, el flujo de aire es acelerado provocando un estrechamiento en el conducto.

En la zona de pruebas o de observación, en la cual se cuelga el modelo, se obtienen los datos esenciales del experimento. Para visualizar el movimiento del aire alrededor del modelo se suelen fijar

hilos de lana en numerosos puntos del mismo. Si el flujo en ese punto es turbulento los hilos vibran mientras que si es laminar los hilos permanecen como flotando en el aire. El flujo mismo, además de los fenómenos que se producen en él, puede visualizarse introduciendo en el conducto humo de aceite de parafina o burbujas de helio (las observaciones deberán realizarse con interferómetros).

El estudio de estos fenómenos, que se producen al moverse un objeto en el aire (o lo que es lo mismo, el aire alrededor de un objeto), recibe el nombre de aerodinámica. Basándose en los resultados de las experiencias realizadas en los túneles, los proyectistas pueden localizar y corregir los defectos de los modelos en las primeras fases de su desarrollo. De esta forma, se van mejorando los modelos hasta alcanzar la máxima eficacia.

Aplicaciones La industria automovilística emplea el túnel aerodinámico en forma parecida a como lo hace la industria aeronáutica, aunque en el primer caso la atención se dirige casi exclusivamente a la obtención de una baja resistencia aerodinámica con el fin de reducir el consumo de combustible.

Los proyectistas de automóviles emplean modelos de tamaño natural, normal-

tas pruebas, los proyectistas se concentran en la capacidad de la estructura y de los materiales utilizados para resistir la presión. Igualmente, se puede determinar la mejor colocación de los sistemas de ventilación y de las chimeneas.

También los científicos que estudian los efectos del viento sobre los animales y los elementos naturales se sirven de los túneles aerodinámicos para realizar sus experimentos. En uno de éstos, por ejemplo, se pretende determinar la influencia de las ondulaciones de las alas de las mariposas en el vuelo de las mismas.

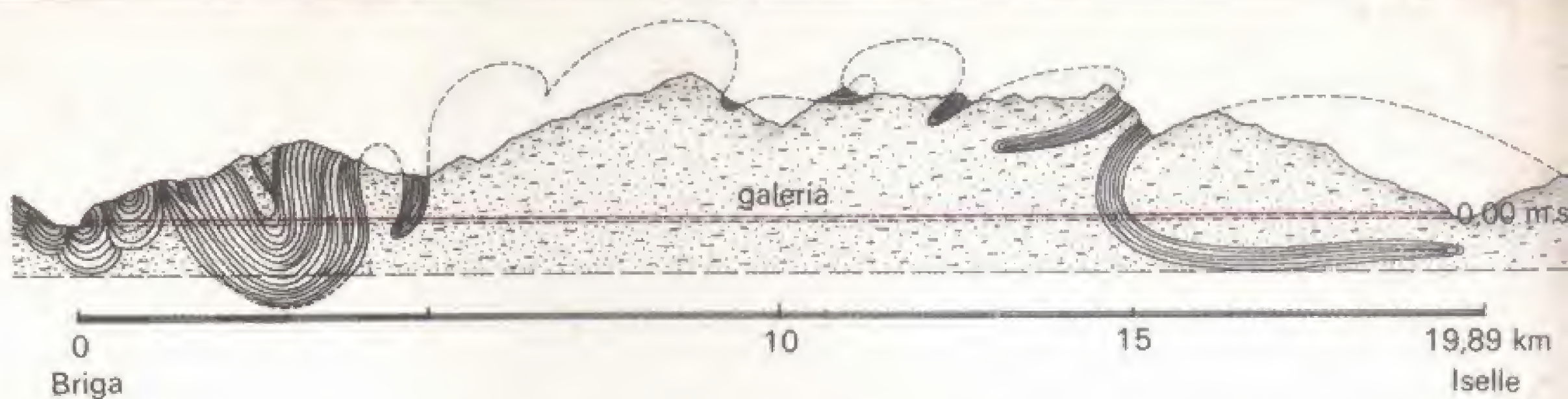
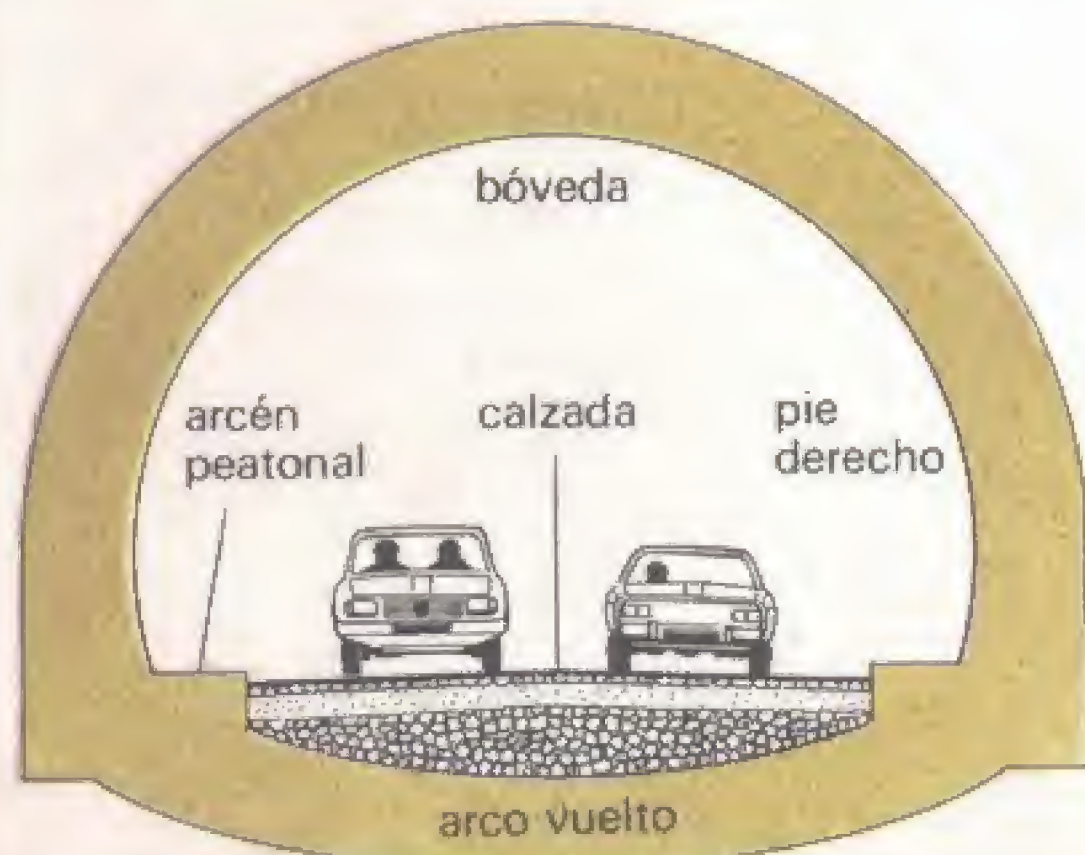
Se puede estudiar la erosión del viento sobre el terreno así como la capacidad de los árboles para resistir fuertes sacudidas durante los temporales. En el terreno de los estudios ambientales, los investigadores pueden estudiar los movimientos de los gases y otros efluvios que son liberados en el flujo del aire. Estos datos pueden servir para conocer la forma en que se va a difundir el humo de una fábrica, cómo se comportarían los vapores tóxicos de una fuga de gas accidental o cómo se podría eliminar una parte del monóxido de carbono que se acumula sobre las zonas de mayor tráfico urbano.

Véase **Aerodinámica y aeronáutica; Avión, proyecto de**

Túneles y galerías

La construcción de galerías y de túneles subterráneos constituye, muy probablemente, una de las primeras actividades desarrolladas por el ser humano. La necesidad de un refugio, de un lugar donde poder protegerse del medio ambiente hostil y de las inclemencias del tiempo, impulsó a nuestros antepasados a ocupar las grutas y cuevas que la propia naturaleza le ofrecía; con el tiempo y a medida que dispuso de sus primeras herramientas, el hombre fue agrandándolas y adaptándolas a sus propias necesidades, llegando incluso a excavarlas en aquellos lugares donde no las había.

En tiempos de la civilización babilónica, se utilizaron las primeras galerías con fines de regadío y, en el año 2180 a. de C., sirviéndose de ladrillos, se construyó un túnel subterráneo bajo el cauce del río Eúfrates. Quizá, la mayor galería de la antigüedad sea la italiana de Posillipo, en las



Sobre estas líneas, perfil geológico realizado de acuerdo con los estudios previos a la perforación del túnel

de Simplón. Iniciados los trabajos, se pudo observar que algunos de los materiales hallados por los ingenieros no

coincidían con los previstos por los geólogos, de manera que, como muchas otras veces, al final, la labor de los ingenieros

contribuyó a ampliar, notablemente, el conocimiento sobre la estructura interna de una zona, en este caso, de los Alpes.

cercanías de Nápoles, construida alrededor del año 36 a. de C. y con una longitud que alcanza los 1.500 metros.

Los primitivos métodos que probablemente se utilizaron en la construcción de estas galerías debieron causar la muerte de cientos e, incluso, miles de hombres, en su mayoría esclavos que eran comprados y empleados como mano de obra barata y fácilmente reemplazable.

Las técnicas de perforación de túneles y galerías fueron progresando vertiginosamente, convirtiéndose en un elemento indispensable para el trazado y la construcción de nuevas vías de comunicación y de transporte de bienes materiales. Entre las galerías más importantes del mundo destacan el túnel ferroviario de Simplón, abierto en 1805 a través de los Alpes que separan Italia y Suiza, y que tiene

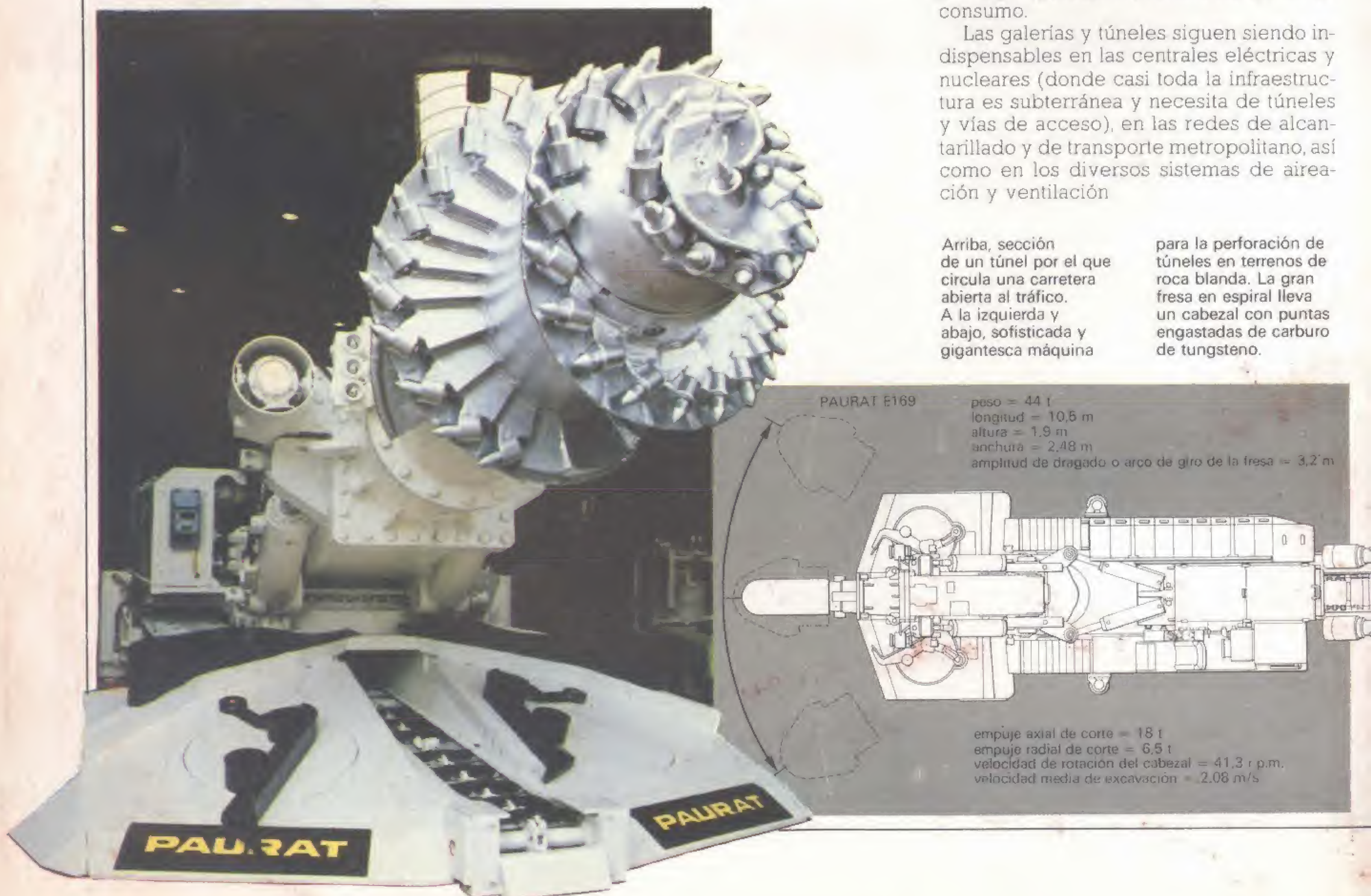
una longitud de casi 22 kilómetros; el famoso túnel de carretera de Fréjus, que comunica Francia con el Piamonte italiano, y el túnel de Cascade, en el estado de Washington, que, con una longitud de 12,5 kilómetros, constituye el túnel ferroviario más largo de Norteamérica.

Utilización de los túneles Las técnicas de perforación de galerías han ido evolucionando a medida que aumentaban las crecientes necesidades del hombre. En efecto, estas técnicas constructivas no sólo resultan indispensables para la búsqueda y extracción de recursos minerales, sino que también facilitan el movimiento de personas y vehículos y permiten la conducción de agua hacia las zonas de regadío, así como su trasvase desde los lugares donde se encuentra embalsada (lagos, presas, etc.) hasta las zonas de consumo.

Las galerías y túneles siguen siendo indispensables en las centrales eléctricas y nucleares (donde casi toda la infraestructura es subterránea y necesita de túneles y vías de acceso), en las redes de alcantarillado y de transporte metropolitano, así como en los diversos sistemas de aireación y ventilación

Arriba, sección de un túnel por el que circula una carretera abierta al tráfico. A la izquierda y abajo, sofisticada y gigantesca máquina

para la perforación de túneles en terrenos de roca blanda. La gran fresa en espiral lleva un cabezal con puntas engastadas de carburo de tungsteno.



PAURAT E169

peso = 44 t
longitud = 10,5 m
altura = 1,9 m
anchura = 2,48 m
amplitud de dragado o arco de giro de la fresa = 3,2 m

empuje axial de corte = 18 t
empuje radial de corte = 6,5 t
velocidad de rotación del cabezal = 41,3 r.p.m.
velocidad media de excavación = 2,08 m/s

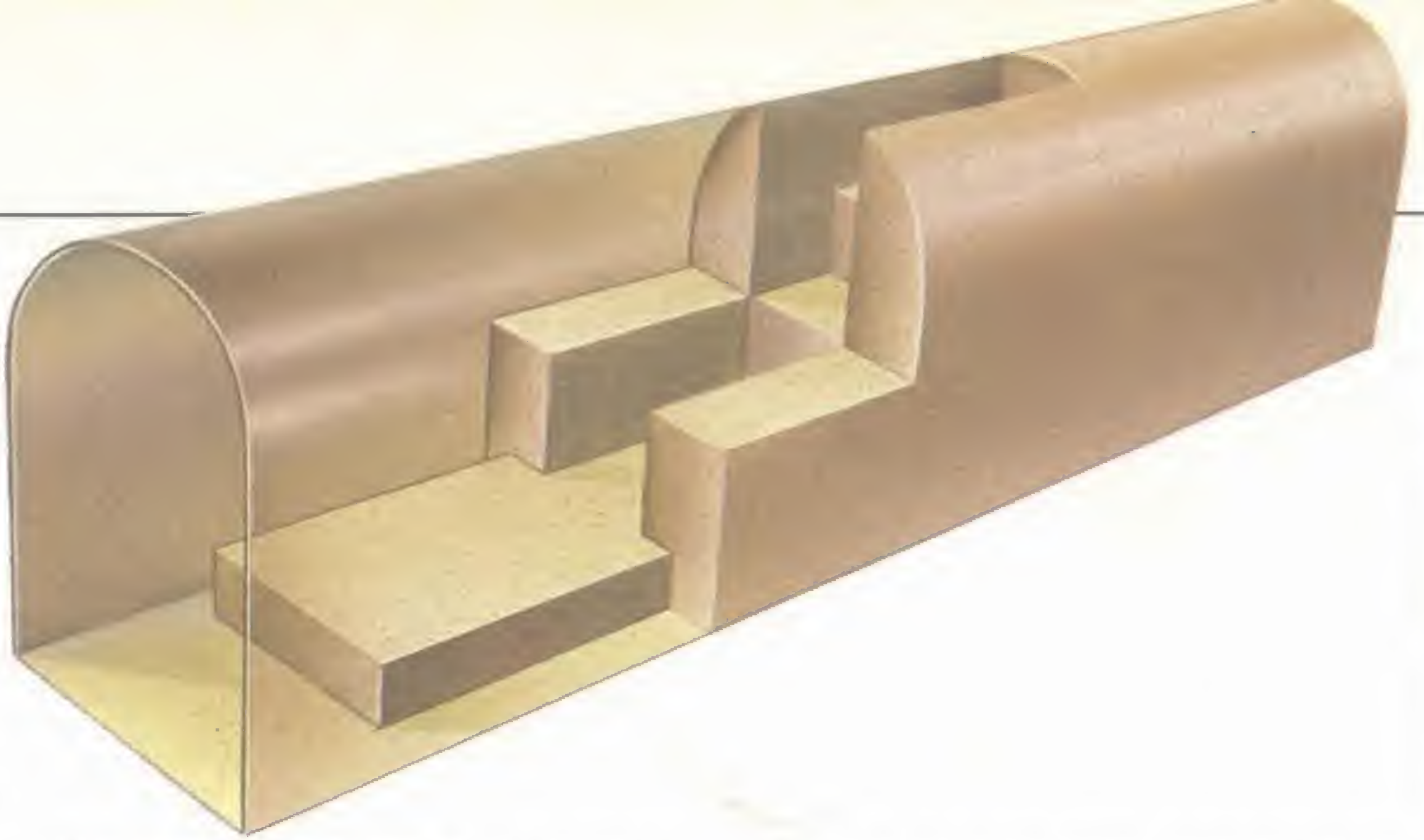
Tipos de túneles Existen tres tipos principales de túneles: los perforados en terreno blando, sin necesidad de hacer uso de explosivos, los que deben realizarse a través de roca o materiales duros, y los formados por tubos prefabricados.

El primero de los tres tipos implica un estudio geológico completo, previo a su realización, con el fin de determinar la naturaleza y el estado del terreno. La perforación en este tipo de terrenos se lleva a cabo mediante el empleo de un escudo, o pantalla cilíndrica, móvil, que a la vez que profundiza, sostiene las paredes y los techos de la galería. A medida que avanza la perforación, las paredes se van recubriendo, inmediatamente, de hormigón, con el fin de reforzarlas y evitar que se derrumben.

Si se trata de un túnel que se prevé habrá de soportar un intenso tráfico, las paredes tendrán que ser tratadas con posteriores revestimientos, además de las correspondientes instalaciones para las redes de iluminación y ventilación.

La excavación de túneles en roca se realiza de acuerdo con diversas técnicas de perforación, demolición y apuntalamiento. La demolición de la roca se consigue mediante el uso de explosivos; la colocación de éstos es fundamental, de forma que se consiga avanzar en el túnel sin dañar la parte ya excavada. Una vez estudiados los puntos clave de ruptura y los efectos combinados de la explosión, se perforan unos taladros u hornillos en dichos puntos y se introduce en su interior los explosivos, que se hacen estallar mediante detonadores. Tras producirse la explosión, un sistema de bombas procede a inyectar aire limpio y a dispersar el polvo y los gases enrarecidos; inmediatamente después, se comienza a retirar el escombros, utilizando para ello máquinas excavadoras, cintas transportadoras, camiones y cualquier otro sistema disponible. Las zonas donde existe peligro de derrumbe se apuntalan sólidamente y las zonas de las paredes que tienden a agrietarse o deteriorarse se remozan con una mezcla de arena-cemento (*malta*) que se insufla a presión mediante una manguera, con el fin de conseguir una superficie acabada de mayor resistencia y duración.

Los tubos prefabricados se pueden utilizar para tender conducciones subacuáticas. El procedimiento es sencillo: mediante gabarras o barcas se transportan las secciones de tubo hasta la zona elegida; una vez allí, se sitúan en el punto exacto y se van dejando hundir (con la ayuda de grúas, desde fuera, y de buzos, desde dentro del agua) de forma que vayan fondeando, una seguida de la otra, a lo largo de una fosa o canal que previamente ha sido excavado en el fondo, siguiendo el trazado de la futura conducción. Seguidamente, los buzos proceden a empalmar los diversos tramos de tubo y a recubrirlos con una capa de hormigón. Una vez finalizado el tendido de la conducción, el agua se extrae de su interior con la ayuda de una o más bombas.

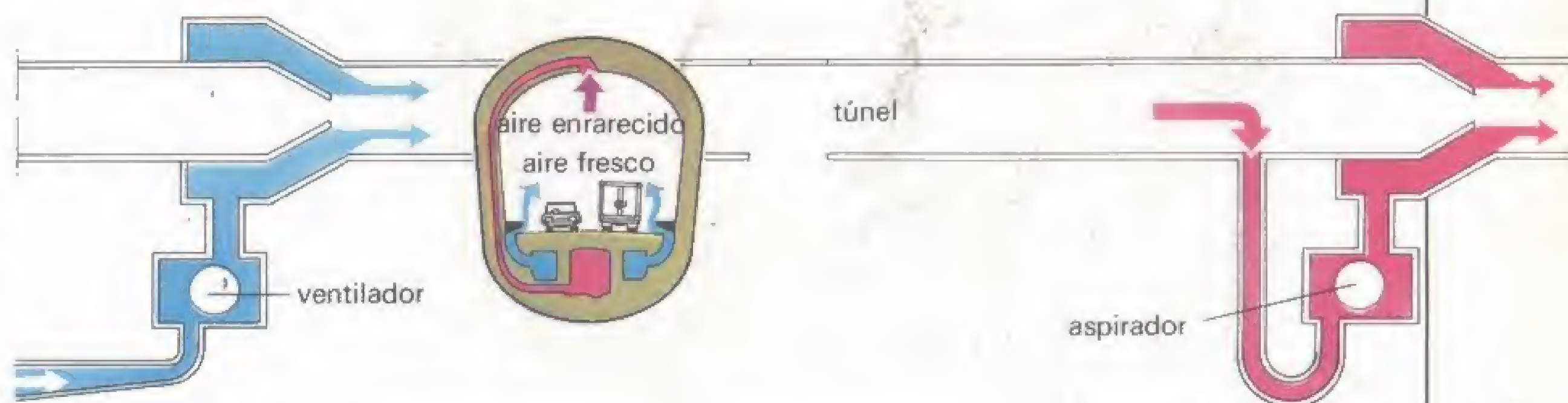


El porvenir de los túneles Es previsible que las técnicas de perforación de túneles vayan adquiriendo, gradualmente, mayor importancia, sobre todo en los centros urbanos, donde problemas como el del tráfico rodado, el transporte y almacenamiento de bienes sólo parecen tener una solución de carácter "subterráneo"; en efecto, la apertura de nuevas redes subterráneas de túneles se perfila como alternativa viable a la problemática actual de las grandes ciudades. El desarrollo y perfeccionamiento de los sistemas de ventilación y depuración del aire permitirán que un gran número de actividades que actualmente se desarrolla en la superficie puedan, en un futuro próximo, tener lugar bajo tierra, de forma que las ciudades sean menos agobiantes, más limpias y descontaminadas.

Existen, por otra parte, numerosos proyectos para la construcción de grandes túneles subacuáticos: en el Canal de la Mancha, en el estrecho de Gibraltar, entre Dinamarca y Suecia, entre Sicilia y la península italiana, etcétera.

Debemos recordar, además, que como protección ante los terremotos y otras catástrofes de origen natural, los refugios subterráneos ofrecen grandes garantías de seguridad, y, de hecho, en los últimos tiempos se ha construido un gran número de instalaciones subterráneas para industrias, laboratorios científicos y centrales nucleares.

Véase **Minería y técnicas mineras; Perforación petrolífera; Taladro y perforadora**



La perforación de túneles en terrenos constituidos por roca dura se lleva a cabo por fases (arriba),

partiendo de una galería principal, que servirá de base para las siguientes operaciones de avance,

hasta conseguir el perfil completo. Bajo estas líneas, túnel de Fréjus. Arriba, esquema del

sistema Saccardo para la ventilación de grandes túneles, especialmente para los de tráfico rodado.



Turbina de gas

Según el fluido utilizado como fuente de energía, las turbinas se clasifican en turbinas de gas, turbinas de vapor (generalmente, vapor de agua) y turbinas hidráulicas, cuando el fluido es agua. Los motores de los automóviles utilizan la energía contenida en los gases calientes desprendidos al quemarse el combustible (gasolina). Todo gas caliente tiende a expandirse, y dicha expansión es aprovechada de tal manera que los gases resultantes de la combustión son utilizados para mover los pistones y transmitir un movimiento de rotación a un eje. El principio de funcionamiento de la turbina de gas se basa también en la capacidad de los gases para expandirse y producir, así, un trabajo. Si el gas utilizado es el aire, la turbina se denomina de aire; si se aprovechan los gases de escape de algún proceso, se denomina de escape; en el caso de que el gas se produzca, específicamente, con el fin principal de activar la turbina y generar un determinado trabajo mecánico, la turbina se denomina de gas.

Partes de una turbina de gas y funcionamiento La turbina de gas consta de un compresor, que suministra el gas comburente comprimido a una o varias cámaras de combustión, y de la turbina propiamente dicha, formada por un disco de paletas, en la que se expanden los gases.

El gas de combustión se obtiene quemando, a presión constante, en una cámara de combustión, un combustible sólido, líquido o gaseoso, en un flujo de aire comprimido. Los gases producidos en la combustión pasan a un compresor (o turbocompresor), movido por el eje mismo de la turbina. A la salida del compresor, los gases son calentados en otra cámara de combustión. El gas se expande a continuación, generalmente en varias fases, actuando sobre las paletas de la turbina, a las que hace moverse a gran velocidad, proporcionando así la energía deseada.

Las elevadas temperaturas alcanzadas (más de 800 °C) por las paletas, ya de por sí sometidas a notables tensiones debidas a la fuerza centrífuga, hace necesaria su refrigeración con aire frío.

El motor de turbina presenta numerosas ventajas respecto al motor de combustión interna tradicional, que está sometido a considerables vibraciones a causa del continuo movimiento alternativo de los pistones. Las turbinas de gas, además, pueden ser más pequeñas y ligeras que los motores de combustión interna y pueden quemar una gama más amplia de combustibles (nafta, queroseno, gas natural, e incluso alcohol). Su rendimiento es tanto más elevado cuanto mayor es la velocidad. Esto las hace especialmente adecuadas para los motores de avión.

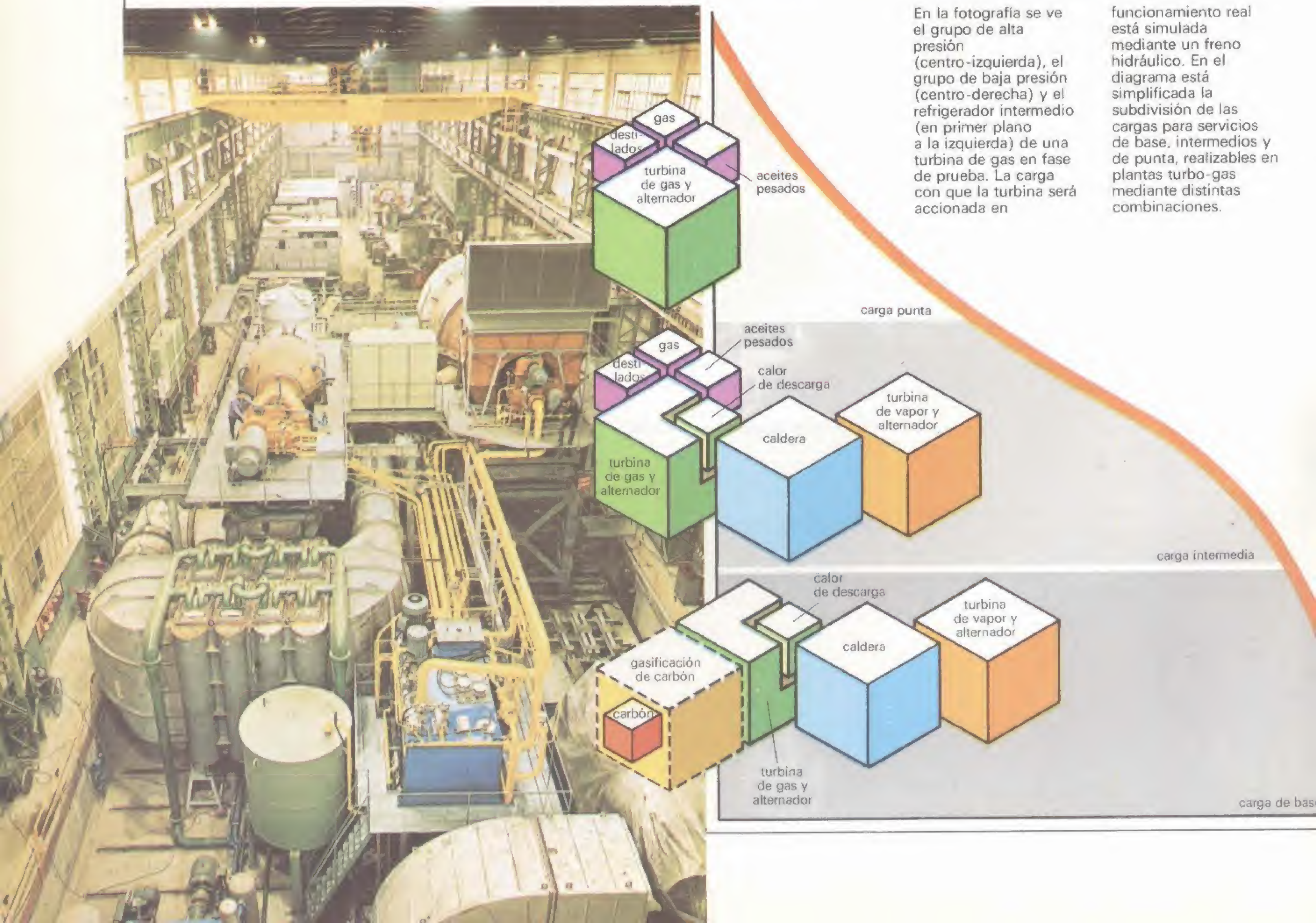
Motores de avión Mientras que el principal empleo de la turbina a vapor y de la turbina hidráulica está en las centrales de producción de energía eléctrica (en estas aplicaciones, las turbinas de gas se limitan a ser utilizadas, excepcionalmente, para prevenir las necesidades de las horas punta), el uso principal de la turbina de gas se encuentra en la propulsión de los aviones a reacción. En un turbo reactor, el combustible quemado genera el gas, que es expulsado por la parte posterior del motor a una velocidad elevadísima. Esta reacción de empuje proyecta hacia adelante el avión. En este tipo de motor, la principal función de la turbina es la de accionar el compresor.

En otro tipo de motor aeronáutico, la turbohélice o turbopropulsor, la turbina pone en accionamiento, además del compresor, una hélice convencional. La hélice permite al avión un despegue más breve y un vuelo más económico a velocidades no demasiado elevadas y a bajas altitudes, combinando así la simplicidad mecánica y la compactibilidad de un reactor con la propulsión a hélice.

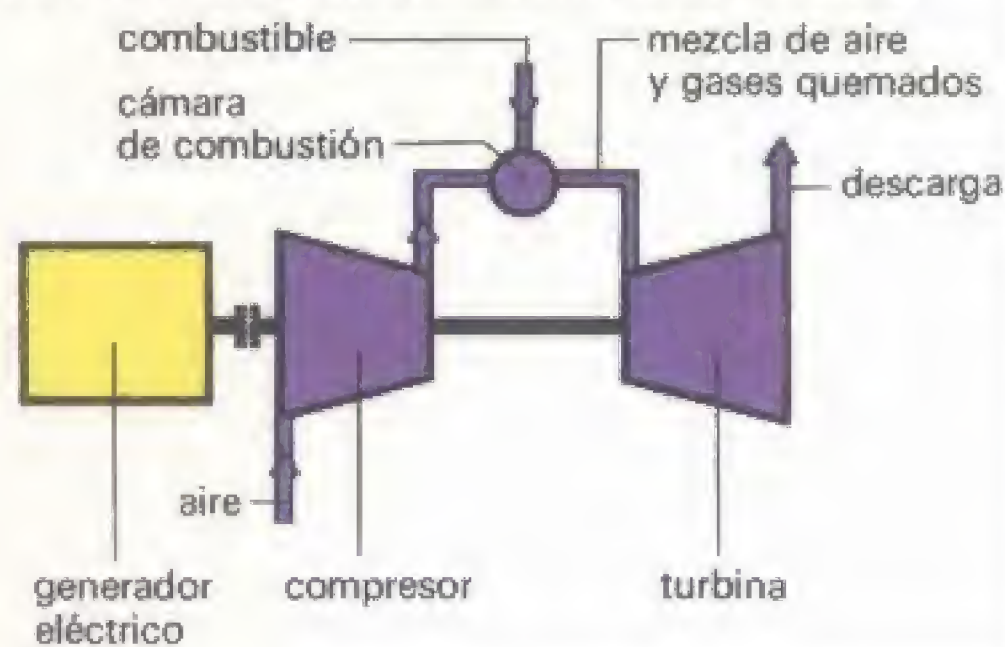
Véase Avión, motor de; Motor de combustión interna; Turbina de vapor; Turbina hidráulica

En la fotografía se ve el grupo de alta presión (centro-izquierda), el grupo de baja presión (centro-derecha) y el refrigerador intermedio (en primer plano a la izquierda) de una turbina de gas en fase de prueba. La carga con que la turbina será accionada en

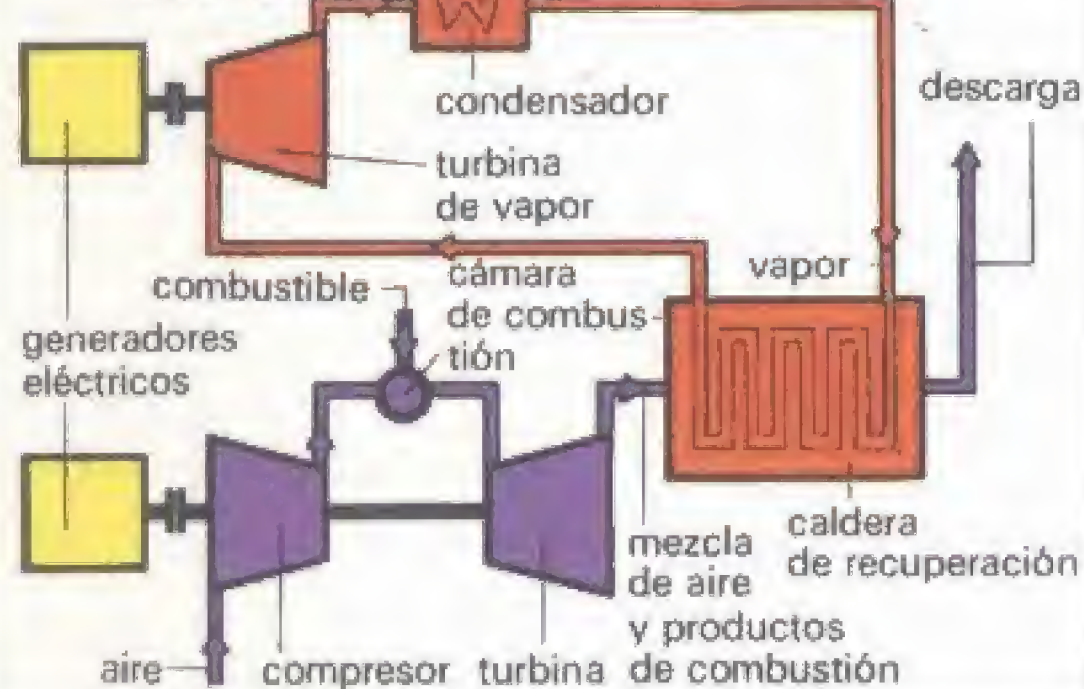
funcionamiento real está simulada mediante un freno hidráulico. En el diagrama está simplificada la subdivisión de las cargas para servicios de base, intermedios y de punta, realizables en plantas turbo-gas mediante distintas combinaciones.



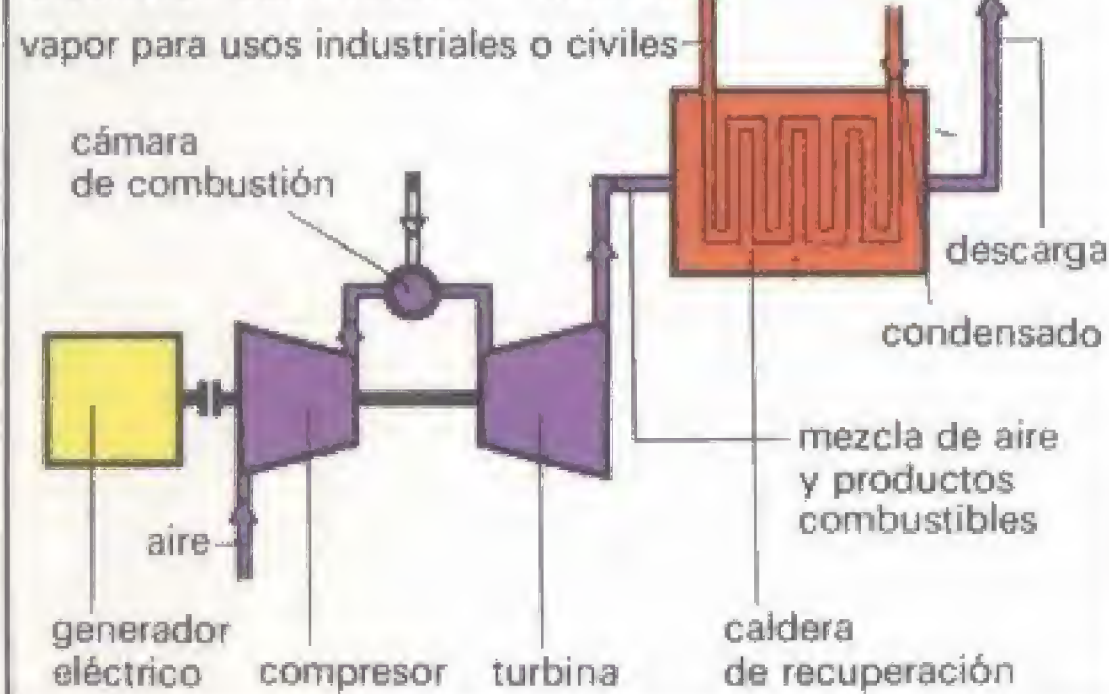
PLANTA DE CICLO SIMPLE PARA LA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA



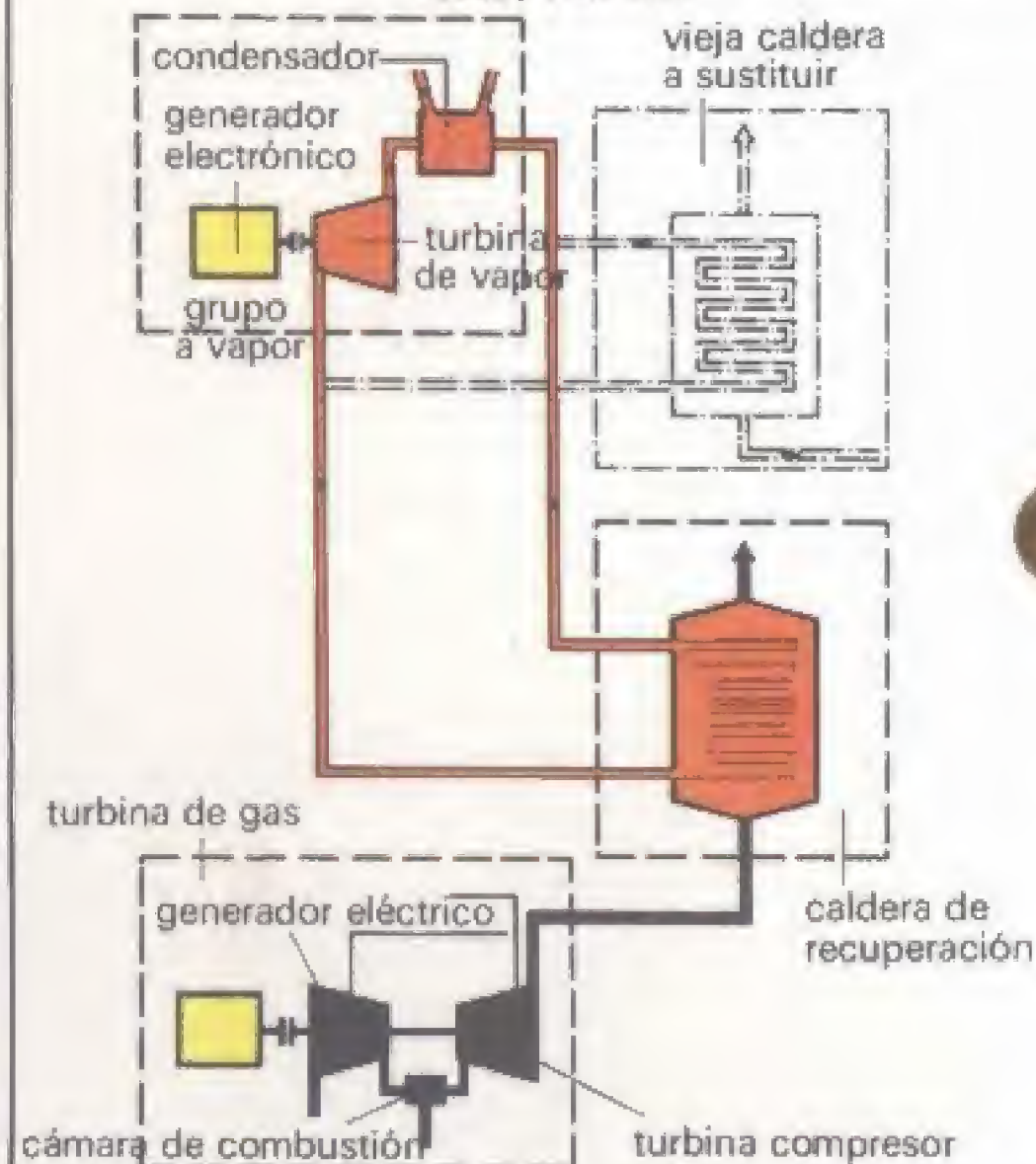
PLANTA DE CICLO COMBINADO PARA ENERGIA ELECTRICA



PLANTA DE CICLO SIMPLE PARA ENERGIA ELECTRICA Y CALOR

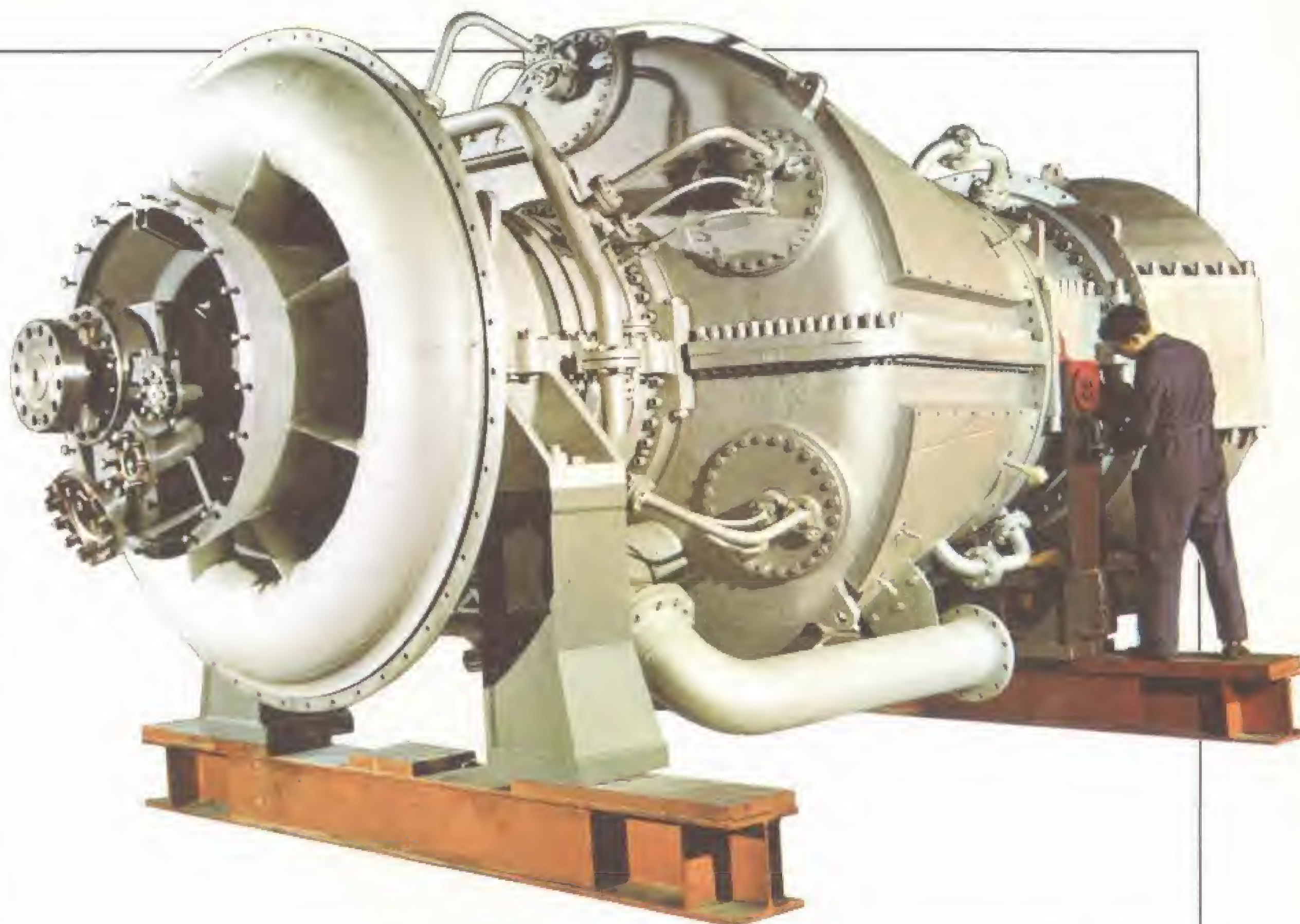


PLANTA DE REPOWERING - CICLO COMBINADO GAS/VAPOR



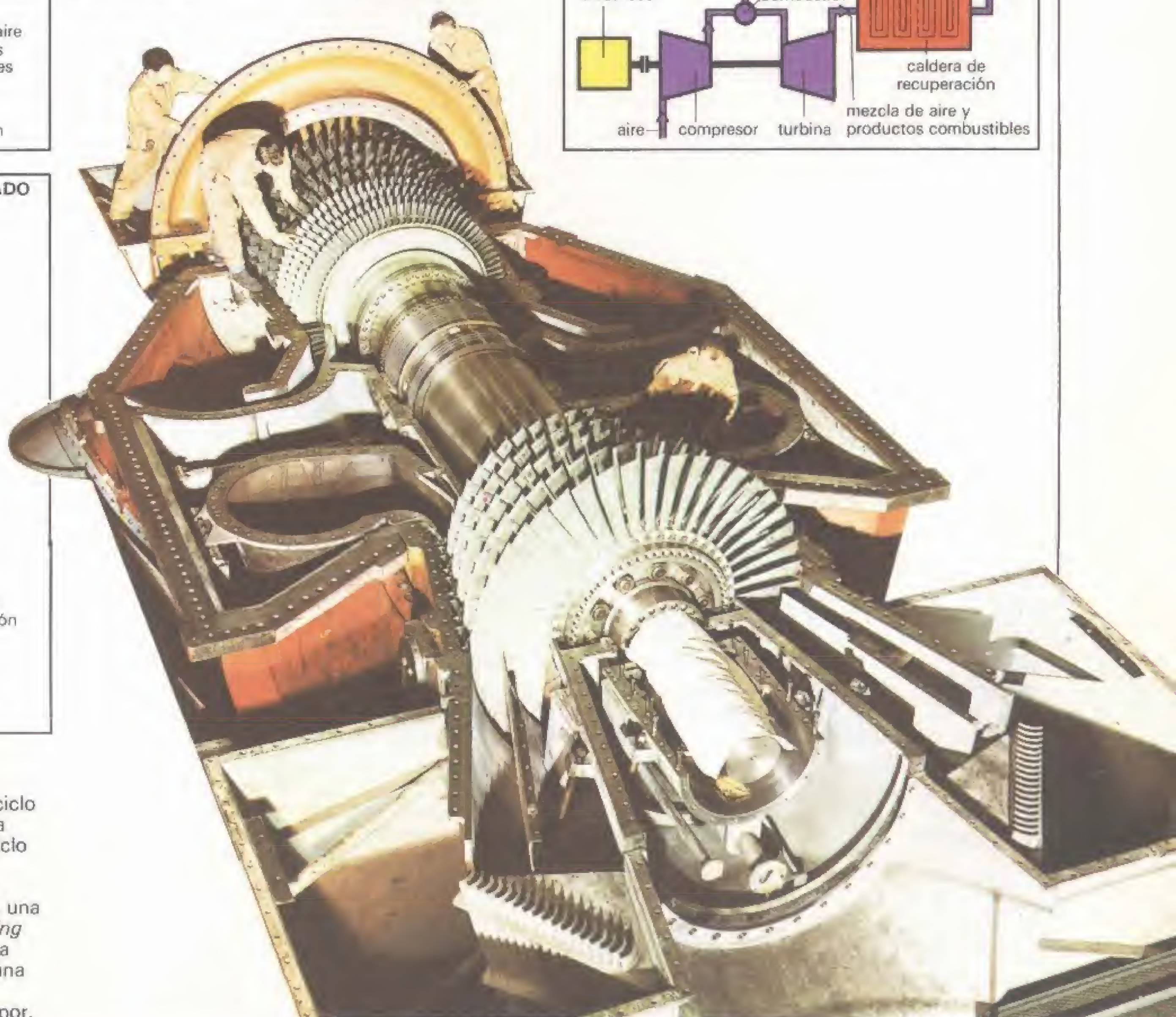
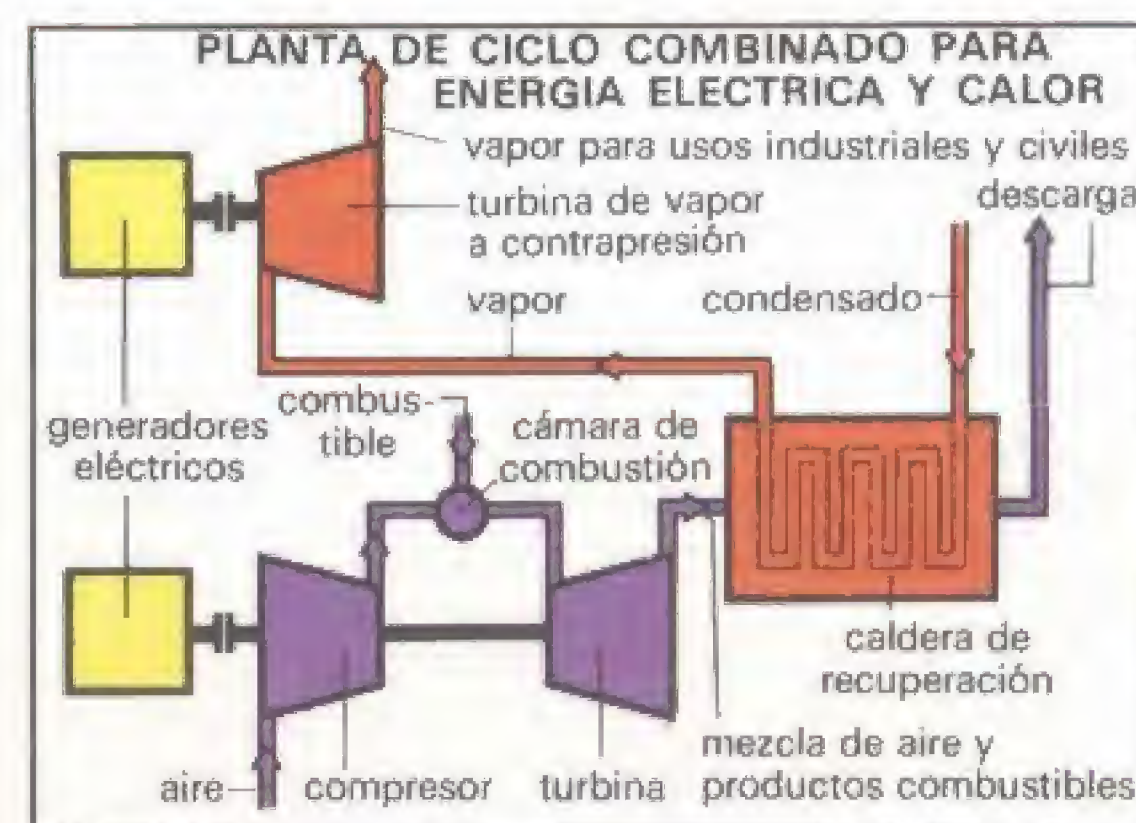
En los cinco diagramas de esta página, algunas plantas con turbinas de gas adaptables, modularmente, a diversas situaciones energéticas. De arriba a abajo: turbina de gas de ciclo simple para energía eléctrica; de ciclo combinado para

energía eléctrica; turbina de gas de ciclo simple para energía eléctrica y calor; ciclo combinado para energía eléctrica y calor y, por último, una planta de *repowering* en la cual es puesta al día y mejorada una planta con ciclo combinado gas-vapor.



En la fotografía superior, una turbina de gas una vez finalizado el montaje y lista para ser enviada al banco de pruebas: se aprecian los tubos que llevan el combustible a la cámara de

combustión y, en el extremo de la izquierda, la descarga del turboexpansor. En la fotografía inferior se ve el rotor de una turbina de gas recién montada: se ve la serie de álabes y el eje.



Turbina de vapor

El vapor de agua, como todos los gases, experimenta un aumento de presión al incrementarse la temperatura. Aprovechando la expansión que se produce como consecuencia del aumento de temperatura, es posible obtener un trabajo mecánico. En las antiguas locomotoras de vapor, este último ejercía un empuje contra un cilindro metálico, llamado émbolo, que podía moverse hacia adelante y hacia atrás dentro de un tubo (el cilindro) calibrado para un ajuste de precisión. En el motor de combustión interna ocurre lo mismo, con la diferencia de que los gases a alta temperatura son generados por la combustión de gasolina o gas-oil.

La turbina de vapor es, en cambio, una máquina mucho más simple y eficaz, entre otras razones, porque las etapas de transformación del movimiento alternativo en movimiento rotatorio no existen. En la turbina, un eje central va provisto de un rotor, en cuya periferia se encuentran va-

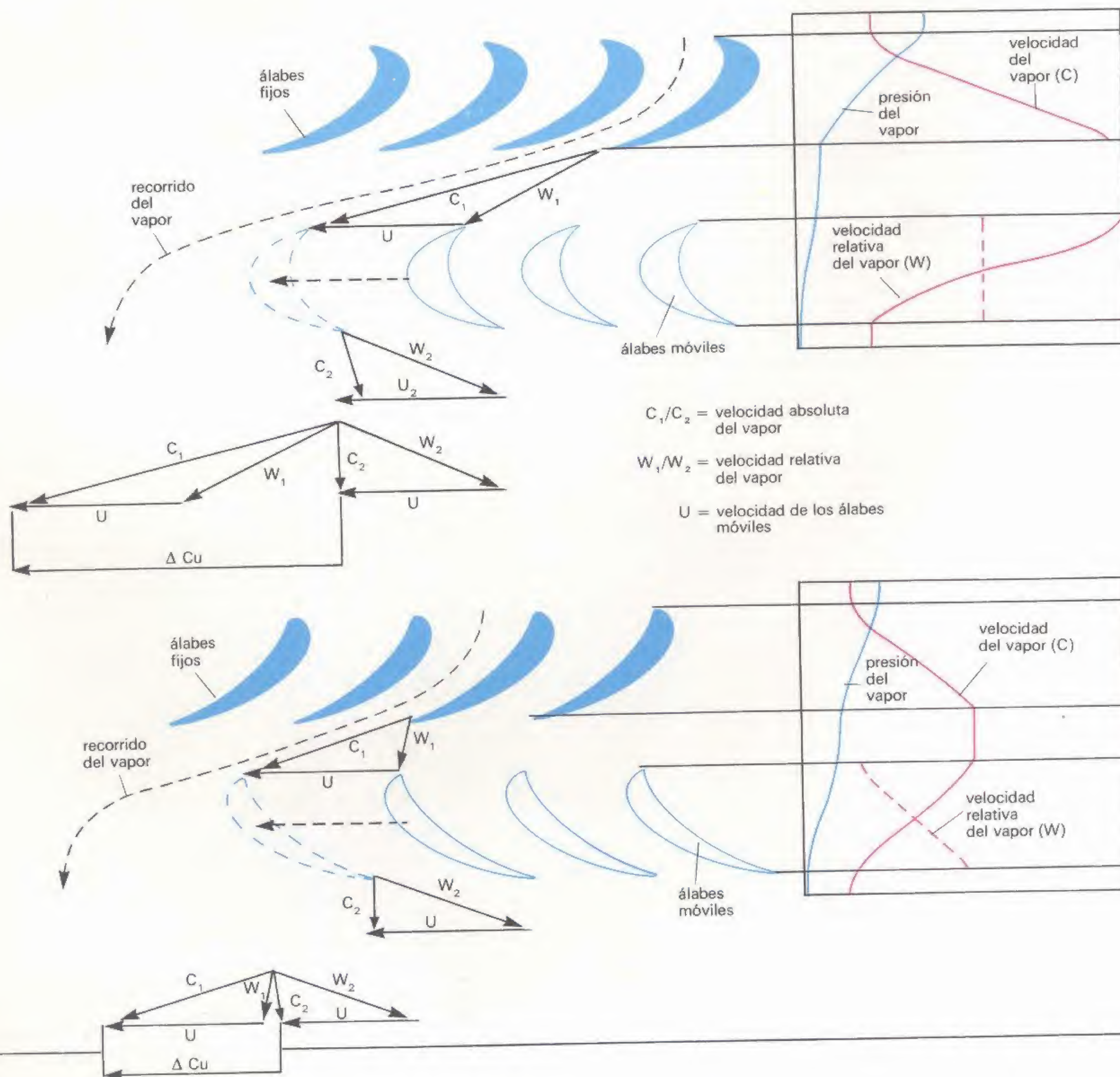
rias filas de álabes. Cuando el vapor presiona contra los álabes, éstos hacen que el rotor gire rápidamente, haciendo girar también el eje. No en vano, el término turbina procede del latín *turbo*, "torbellino".

El vapor necesario para hacer girar la turbina puede proceder de una caldera en la que se quema combustible, de un reactor nuclear o de cualquier otra fuente de calor a gran temperatura. Por ejemplo, en la localidad italiana de Larderello existe una instalación en la que, desde 1905, se aprovecha el vapor procedente de géiseres para mover unas turbinas que producen energía eléctrica. Cada turbina posee varias tomas que regulan la salida del vapor y lo dirigen hacia los álabes del rotor.

Turbinas de acción Existen dos sistemas de utilización del vapor para mover la turbina, aunque en algunos casos se emplea un sistema mixto. El primero es el utilizado por las llamadas *turbinas de acción*,

en las que los álabes del rotor reciben directamente el vapor y lo expulsan hacia atrás, absorbiendo en este proceso el impulso hacia adelante. En las turbinas de acción propiamente dichas, los álabes tienen forma de cuchara y se hallan situados en el perímetro de un anillo giratorio. Los álabes en forma de cuchara reciben el vapor en una de sus caras y lo expulsan hacia atrás por la otra. El empuje que reciben produce el giro del rotor. A veces, con el fin de conseguir un aprovechamiento máximo de la energía, la turbina presenta también un segundo sistema de álabes estacionario, que recibe el vapor expulsado por las paletas rotatorias y lo envía a otra serie de paletas en forma de cuchara. Se dice entonces que la turbina tiene varias "fases".

Las turbinas de acción presentan el inconveniente de alcanzar una gran velocidad de giro, es decir, giran demasiado rápido para que puedan ser utilizadas en el



accionamiento directo de un alternador o del eje de un vehículo. Por otra parte, si se les aplica un reductor, se malgasta demasiada potencia. Además, la fuerza centrífuga a la que están sometidos los álabes es muy elevada y el impacto directo del vapor sobre ellos origina notables vibraciones de la maquinaria, con la consiguiente pérdida de energía por heterogeneidad de rotación.

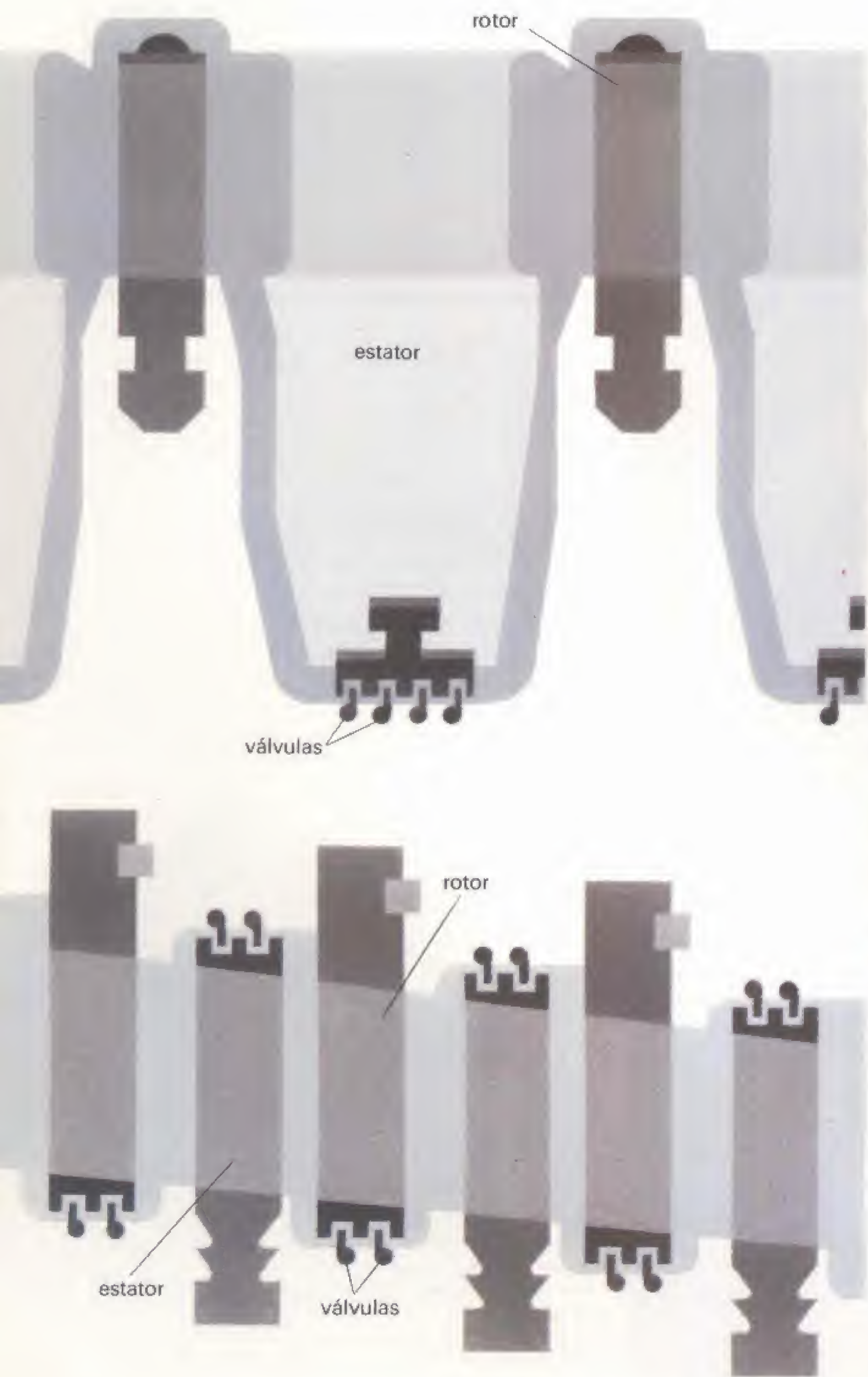
Turbinas de reacción Un pionero en la construcción de turbinas, el británico sir Charles Parsons, concibió un tipo distinto de turbina que permitía la producción directa de energía eléctrica. La *turbina Parsons*, llamada turbina "de reacción", puede operar a velocidades relativamente bajas de forma mucho más eficaz que la turbina de acción. En la turbina de reacción existen una serie de álabes en el estátor que dirigen el vapor según unas etapas obligadas. En cada una de éstas, el va-

por se expande y pierde gradualmente velocidad a medida que alcanza las sucesivas filas de álabes del rotor. La forma de estos álabes es semejante a la de la sección del ala de un avión con fuerte curvatura y la fuerza ejercida por el vapor los alcanza en un ángulo determinado, haciendo así girar el disco del rotor. También las turbinas de reacción constan de diferentes fases. Varias filas de álabes se sitúan sobre un eje, separadas por dos series de álabes fijos que vuelven a dirigir el vapor y aumentan sus dimensiones a medida que las expansiones que tienen lugar en las fases anteriores del rotor exigen superficies de paleta cada vez mayores para un determinado flujo de vapor.

Aplicaciones Las turbinas de vapor presentan numerosas ventajas respecto a las tradicionales máquinas de vapor alternativas. Estas, por ejemplo, se resienten de las vibraciones producidas por el movi-

miento hacia adelante y hacia atrás de los pistones. Las turbinas de reacción no producen vibraciones de ningún tipo, por lo que se encuentran mucho menos expuestas al deterioro de los materiales empleados en su construcción. Además, las turbinas son más ligeras y de tamaño más reducido que las máquinas alternativas; a grandes velocidades y con carga elevada son más eficaces, aunque el rendimiento disminuye con carga inferior y a pequeñas velocidades. Para producir electricidad, las centrales nucleares emplean generalmente turbinas de vapor. En instalaciones de este tipo, la fisión nuclear produce una gran cantidad de calor, que se utiliza para calentar el agua y producir vapor. Este, canalizado a alta presión, hace que las turbinas funcionen como en las centrales termoeléctricas tradicionales.

Véase **Turbina de gas; Turbina hidráulica; Vapor y tensión de vapor**



Las turbinas de vapor pueden realizarse con alabeado de acción o de reacción (página anterior, arriba y abajo). De la lectura de los diagramas se deduce que la energía transferida al rotor por un elemento del alabeado de reacción, es la mitad de la transferida en el caso

de la turbina con alabeado de acción, aunque el rendimiento es parecido. En los esquemas de esta página observamos la disposición del estátor y del rotor en ambos tipos de turbina. Finalmente, en la imagen sobre estas líneas se muestra la utilización de una

turbina de vapor en una estación de desalinización de agua de mar: la turbina aspira el agua de los depósitos y la envía, mediante dos colectores, al equipo de desalinización, aprovechando, además, una parte de la misma para alimentar una central hidroeléctrica.

Turbina hidráulica

Aunque parezca difícil de creer, el agua que desciende por un arroyo de montaña constituye una notable fuente de energía con especiales ventajas. En primer lugar, es una fuente renovable ya que, mientras la lluvia alimenta el manantial, el agua seguirá fluyendo. Además, es una fuente energética limpia, cuya utilización no produce efectos secundarios indeseables en el ambiente. El método más eficaz para aprovechar la energía del agua es el empleo de una turbina hidráulica, y, de hecho, casi todas las turbinas hidráulicas que funcionan en la actualidad se utilizan para producir energía eléctrica.

Agua El prefijo "hidro" procede del término griego *hydro*, "agua". El adjetivo hidráulico significa que una máquina o dispositivo se mueve o funciona por medio del agua.

En las instalaciones hidroeléctricas para la producción de energía, el agua procedente de un arroyo o de un embalse se dirige, en forma de poderosos chorros, contra una serie de palas situadas a lo largo de la circunferencia exterior de una rueda. El eje central de ésta, obligado por el agua a un movimiento de rotación,

está unido a un generador eléctrico en el que la energía mecánica de rotación es transformada en energía eléctrica.

Uno de los factores decisivos para el desarrollo de las grandes turbinas hidráulicas modernas ha sido, precisamente, la aparición de los generadores eléctricos, que permiten transformar la energía mecánica en eléctrica, y transportarla a cualquier punto donde sea necesaria.

Tipos de turbinas hidráulicas Las palas o álabes utilizados en las distintas turbinas hidráulicas pueden ser de diversos tipos. Uno de ellos es semejante a las palas de las hélices marinas. La presión del agua sobre éstas hace girar el eje unido al generador. La turbina que utiliza estas palas se denomina *turbina Kaplan*, por el nombre del inventor que la creó en 1920. La turbina Kaplan es adecuada para saltos de agua de poca altura.

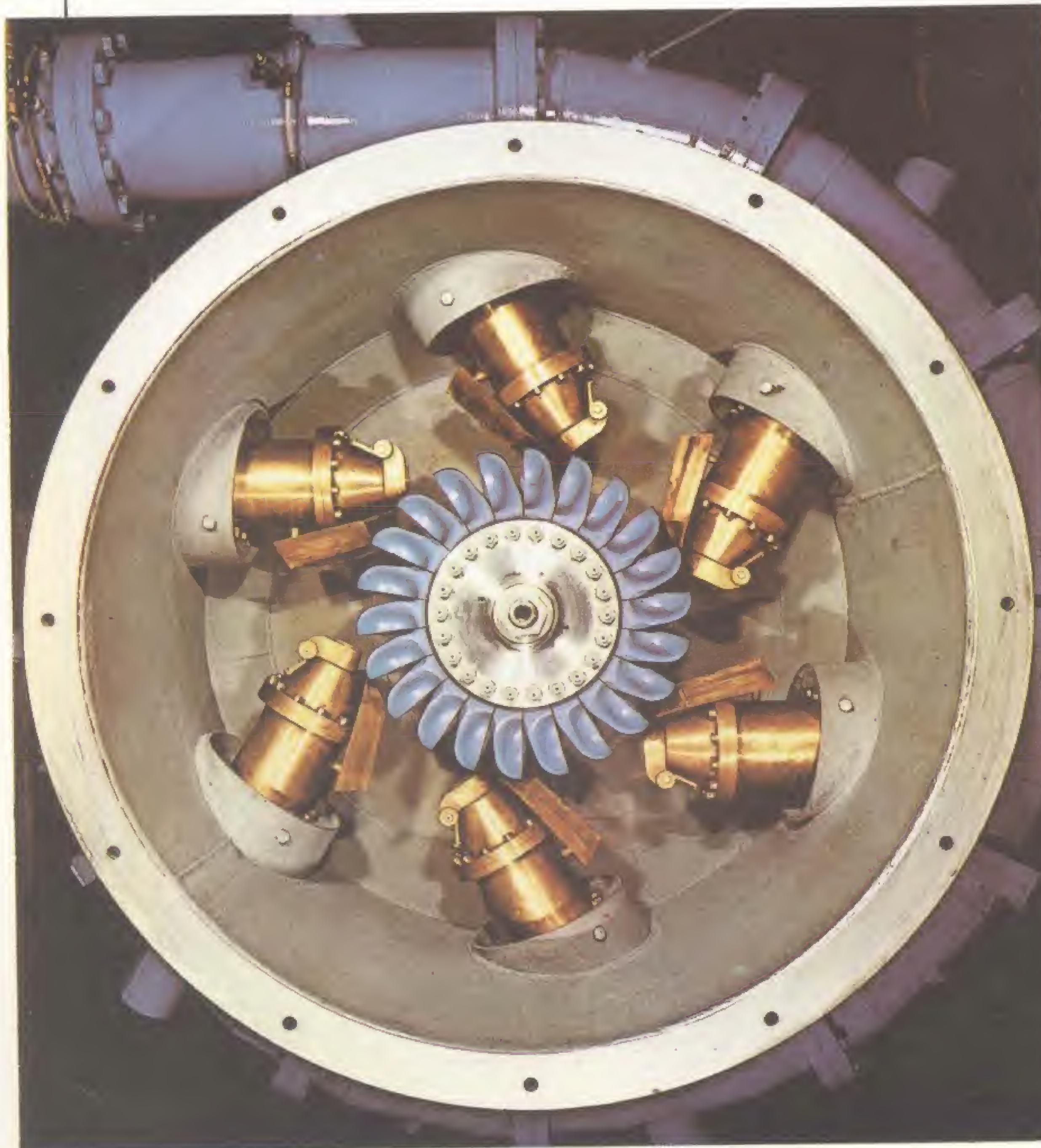
Otro tipo de turbina es la de acción o *turbina Pelton*, que funciona según el mismo principio de las antiguas ruedas utilizadas para la propulsión de los barcos de vapor. Las palas, en forma de cuchara —de hecho, reciben este nombre—, se sitúan sobre la circunferencia exterior de una

rueda. Como en la turbina Kaplan, se aprovecha la presión que ejercen los chorros de agua sobre las palas, pero, en este caso, el movimiento del agua no es paralelo al eje de rotación, sino que el líquido es dirigido a través de una o más bocas contra las cucharas, en dirección perpendicular al eje de rotación.

Un tercer tipo de turbina es la de reacción, o *turbina Francis*, en la que el agua fluye a través del rotor, al contrario de lo que ocurre en la turbina de acción, en la que el agua fluye alrededor del buje del rotor, en el que se instalan las paletas. La turbina de reacción consta de dos discos, uno dentro del otro, en cuyos bordes están colocados los álabes. Uno de los discos es fijo (el estator) y el otro puede girar libremente (el rotor o molino). El agua puede fluir radialmente desde el centro hacia el exterior, o viceversa. En el primer caso, el disco interior es fijo y sus palas dirigen el agua hacia los álabes del rotor exterior según un determinado ángulo. Las palas del rotor tienen una curvatura opuesta a las del estator. El funcionamiento es similar al de los aspersores de riego, en los que una corriente de agua, que fluye hacia el exterior a través de dos brazos curvos, produce la rotación de éstos. Si en una turbina de reacción el agua fluye desde el exterior hacia el interior, la posición del estator y del rotor se invertirá con respecto al caso anterior.

Energía hidráulica La potencia que una turbina hidráulica puede desarrollar depende del caudal de agua y de la altura desde la que ésta cae: dicha altura se llama *salto*. Estos dos factores, además, determinan el tipo de turbina más adecuado a utilizar. Para saltos de poca altura (inferiores a 45 m) y grandes caudales se obtienen mejores resultados con la turbina de hélice; para saltos elevados (más de 600 m) se utiliza la turbina de acción, y para saltos medios puede emplearse varios tipos de turbinas de reacción.

Véase **Energía eléctrica, producción de;** **Hidráulica;** **Turbina de gas;** **Turbina de vapor**



A la izquierda, rueda *Pelton* en su caja; puede observarse el conducto de alimentación en espiral. Esta rueda posee seis inyectores, que dirigen los chorros de agua tangencialmente a la circunferencia exterior de la rueda. Las

ruedas *Pelton* pertenecen al tipo de turbinas de acción, en las que la energía del agua es aprovechada completamente como energía cinética. Se construyen de acero inoxidable (anticorrosión) y el rotor se funde en una sola pieza.



Hydroart S.p.A., Milán

Arriba y a la derecha, dos tipos de bombas-turbina. Estas máquinas se caracterizan por la reversibilidad de empleo: cuando funcionan como turbinas hidráulicas, reciben el agua en una dirección y accionan los generadores de electricidad según las necesidades de la red. Por el contrario, cuando funcionan como bombas, reciben

el agua en sentido opuesto y el rotor es accionado por el generador, que actúa en este caso como motor eléctrico. Haciendo funcionar la bomba se puede restablecer el nivel de agua de un embalse en los periodos de escaso consumo de energía eléctrica. En la imagen de arriba, distribuidor y rueda; a la derecha, rueda de la bomba multifuncional que se

utiliza para bombear el agua a niveles elevados. Las bombas se utilizan con gran frecuencia, ya que permiten una notable versatilidad de empleo de las instalaciones hidroeléctricas, que, de este modo, funcionan en condiciones óptimas para satisfacer toda demanda de energía. A la izquierda, rotor de una turbina *Kaplan*. Esta turbina es de circulación axial y se asemeja a una hélice marina. El ángulo de las palas puede ser variado para aprovechar mejor el flujo del agua. Las turbinas Kaplan, que pertenecen al tipo de turbinas hidráulicas de reacción, se emplean en instalaciones con grandes caudales y saltos pequeños. A la derecha, abajo, rotor de turbina *Francis*. Esta turbina hidráulica de reacción es la más utilizada, debido a la amplia gama de saltos de agua en los que puede emplearse. Para saltos pequeños y medios se utiliza tanto la configuración de eje horizontal como vertical. Para grandes potencias y elevados caudales, se emplea la de eje vertical.



Hydroart S.p.A., Milán

Úlcera

La tensión que con frecuencia se produce en las relaciones interpersonales es uno de los factores que más a menudo contribuyen a la aparición de la *úlcer* *péptica*, una lesión que afecta a la superficie del revestimiento interno del estómago o del intestino delgado. Sin embargo, las úlceras no se limitan únicamente al tracto gastrointestinal, sino que también pueden formarse en la piel o en las membranas mucosas, y se caracterizan por la pérdida de tejido epitelial superficial y por diferentes grados de inflamación. La úlcera puede, por tanto, formarse externa o internamente y permanecer superficial o llegar a ser profunda, perforando incluso el órgano afectado y el tejido subyacente. La úlcera puede, además, ser muy dolorosa y asumir un carácter crónico, o experimentar una curación lenta.

Tipos y causas de la úlcera Los distintos tipos de úlcera se deben a causas diversas. Por ejemplo, la úlcera de la sífilis se forma en el lugar infectado por la espiroqueta, el microorganismo parásito responsable de la enfermedad, que libera unas toxinas destructoras de los estratos cutáneos superficiales. La tuberculosis, otra enfermedad bacteriana, puede producir úlceras en el intestino delgado invadiendo la pared de este órgano. Algunas úlceras son consecuencia de la falta de riego sanguíneo: se presentan con gran frecuencia en los pacientes afectados por arteriosclerosis y por venas varicosas, pero pueden ser también consecuencia de sabañones o de la maceración de la piel en el agua. Los fármacos con capacidad para dilatar los vasos sanguíneos se emplean también contra las úlceras arterioscleróticas. Las úlceras crónicas de origen vascular venoso, por el contrario, se tratan mediante esclerosis de las venas varicosas y trasplantes cutáneos. Algunas patologías que afectan al sistema sanguíneo disminuyen las defensas inmunológicas del organismo, hasta el punto de que una herida superficial o una ligera infección pueden provocar una ulceración. Las úlceras por decúbito se producen con frecuencia en la piel de pacientes obligados a permanecer en el lecho o enyesados durante largos períodos de tiempo. Están causadas por problemas circulatorios debidos a la continua presión sobre una determinada área cutánea.

Úlceras gastrointestinales Las úlceras gastrointestinales se conocen también como úlceras *pépticas* y se piensa que son debidas a fenómenos de irritación y de inflamación. Dependiendo de su localización, pueden ser: *duodenales*, localizadas en el primer tracto del intestino delgado, y *gástricas*, localizadas en el estómago. Ambos tipos de úlceras conllevan una pérdida de la continuidad del revestimiento interno del tracto gastrointestinal.

La causa real de la úlcera péptica no se conoce, pero el *stress* es, sin duda, un factor que favorece su aparición. Los médicos opinan que, en condiciones de *stress*,

el organismo tiende a producir una excesiva cantidad de ácidos digestivos. La secreción excesiva de ácido puede explicar en parte la formación de una úlcera, pero el ácido como único factor no es capaz de provocarla. Sin embargo, sí que es cierto que una vez formada la úlcera, la excesiva producción de ácido impide su curación. La cafeína, el tabaco y el alcohol, sustancias que parecen favorecer la secreción ácida, se consideran perjudiciales para los individuos con cierta propensión a la formación de úlceras. Los síntomas de éstas suelen ser producción de gases, sensación de quemazón y vómitos. La úlcera péptica puede ser muy peligrosa y debe ser atentamente controlada ya que, si se perfora, provoca hemorragias y procesos infecciosos.

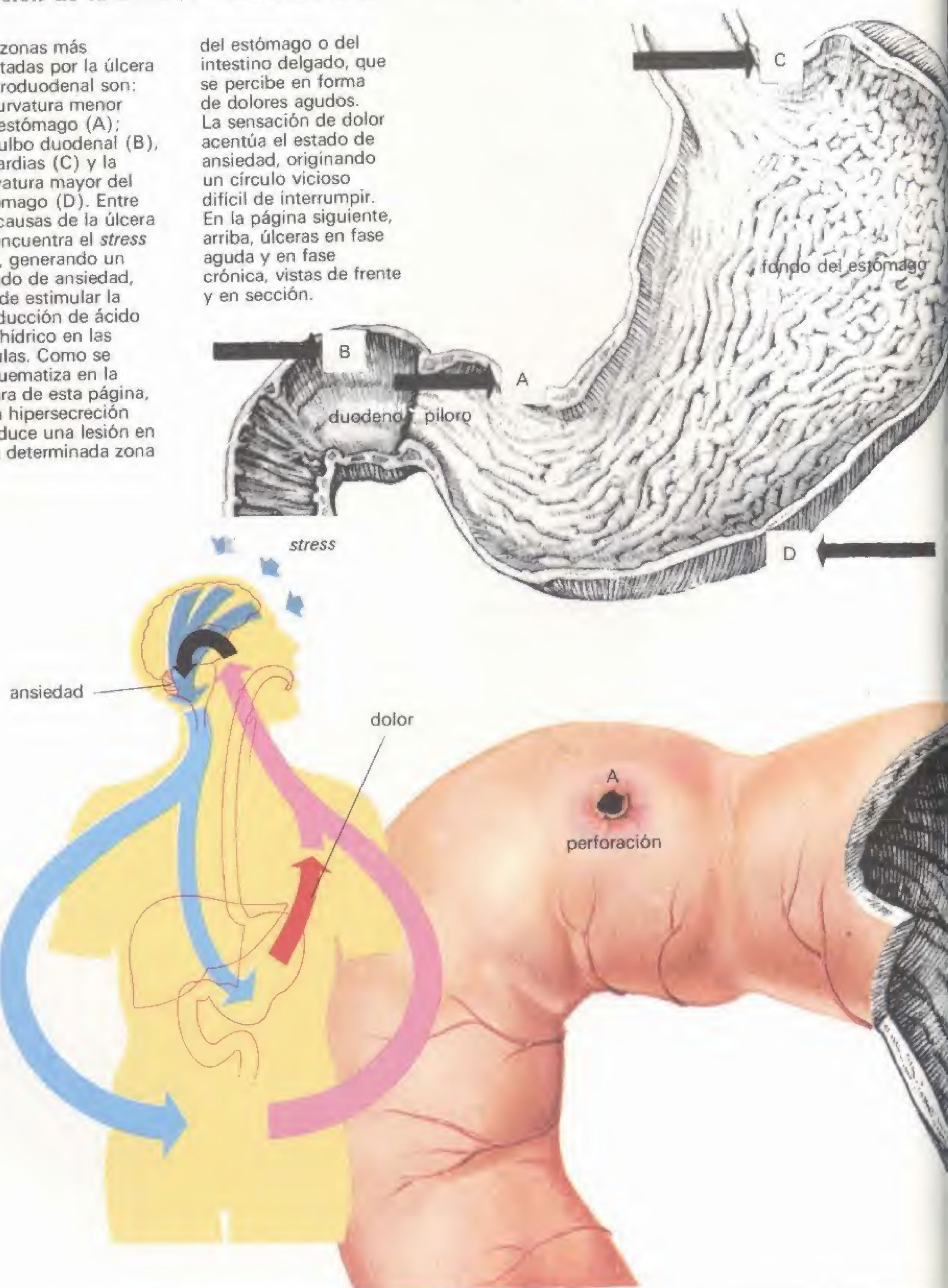
La terapéutica depende del tipo y localización de la úlcera, así como de la gra-

vedad del caso. Con frecuencia se recomiendan fármacos antiácidos, ya que estos compuestos suelen neutralizar lo suficiente los ácidos gástricos como para permitir que la úlcera cicatrice. En el tratamiento de la úlcera parece también más indicado comer en poca cantidad y varias veces al día que hacer pocas comidas y abundantes. En casos extremos puede ser necesaria la intervención quirúrgica, pero sólo después de que los cambios en la dieta alimenticia, los antiácidos y el reposo no hayan surtido ningún efecto. La cimetidina ha contribuido mucho a disminuir la necesidad de la intervención quirúrgica: este fármaco bloquea la secreción ácida, modificando el medio gastrointestinal en el sentido de favorecer la cicatrización de la úlcera.

Véase Digestivo, aparato; Estómago

Las zonas más afectadas por la úlcera gastroduodenal son: la curvatura menor del estómago (A); el bulbo duodenal (B), el cardias (C) y la curvatura mayor del estómago (D). Entre las causas de la úlcera se encuentra el *stress* que, generando un estado de ansiedad, puede estimular la producción de ácido clorhídrico en las células. Como se esquematiza en la figura de esta página, esta hipersecreción produce una lesión en una determinada zona

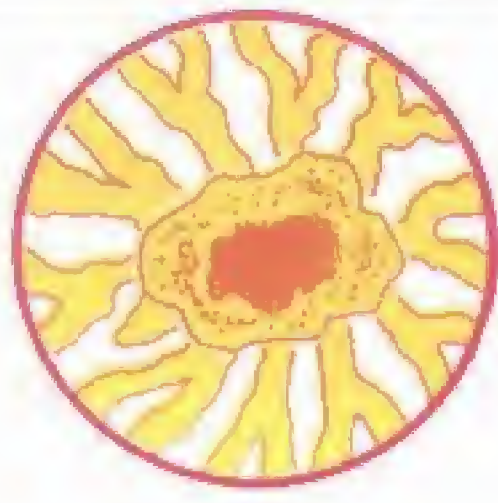
del estómago o del intestino delgado, que se percibe en forma de dolores agudos. La sensación de dolor acentúa el estado de ansiedad, originando un círculo vicioso difícil de interrumpir. En la página siguiente, arriba, úlceras en fase aguda y en fase crónica, vistas de frente y en sección.



TERAPEUTICA DE LA ULCERA GASTRODUODENAL



úlceras agudas
(de frente y en sección)



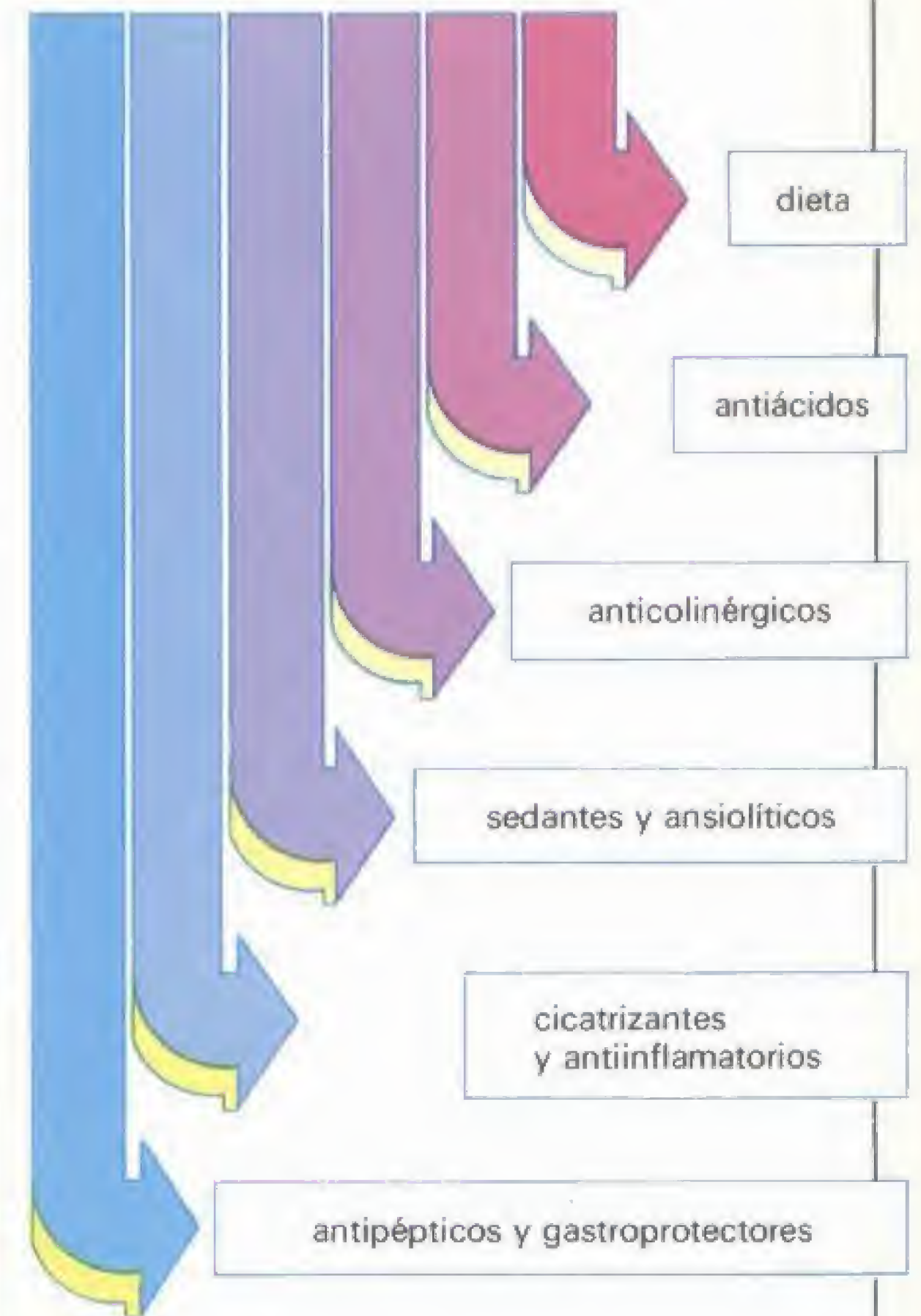
úlceras crónicas
(de frente y en sección)

La amplia gama de fármacos utilizada para el tratamiento de la úlcera aparece en la tabla de la derecha. Es interesante observar, en la secuencia que aparece bajo estas líneas, la evolución de la enfermedad: la primera imagen muestra la herida abierta (úlceras recientes), la segunda, su progresiva reducción (úlceras en

vías de cicatrización) y la tercera, su cicatrización completa (úlceras cicatrizadas). Abajo, complicaciones de la úlcera con la aparición de un fenómeno de perforación (A) y de manifestaciones hemorrágicas (B). En el primer caso, la úlcera, aparte de afectar a la superficie de la mucosa, penetra en profundidad hasta

perforar completamente la pared. La hemorragia afecta más frecuentemente a la mucosa gástrica, mientras que la perforación se da con mayor frecuencia en el duodeno. La hemorragia se produce por lesión de un vaso sanguíneo. Con la perforación se origina la rotura de la úlcera en la cavidad

peritoneal, lo que da lugar a una peritonitis aguda que, si está plenamente instaurada, sólo puede ser resuelta mediante una intervención quirúrgica inmediata. En el caso de hemorragia es vital la recuperación del paciente, que debe ser sometido a exámenes, y, eventualmente, a una intervención quirúrgica.



úlceras recientes



úlceras en vías de cicatrización



úlceras cicatrizadas



Ultrasonidos

El oído humano puede percibir sonidos cuya frecuencia se encuentre comprendida entre 20 y 20.000 ciclos por segundo (Hz). Sin embargo, existe toda una amplia gama de sonidos de frecuencias superiores que resultan del todo inaudibles para el hombre. Algunos animales, por el contrario, sí pueden oír estos sonidos, sirviéndose de esta capacidad para cazar y orientarse.

Los ultrasonidos, es decir, los sonidos de frecuencias superiores a las que puede captar el oído humano, se han utilizado recientemente para explorar las profundidades de los océanos, para detectar fisuras minúsculas en productos industriales, para diagnosticar y tratar algunas enfermedades e incluso para "ver" los órganos internos del cuerpo humano.

El sonido se debe a las ondas de presión que genera un cuerpo en vibración. La frecuencia del sonido depende de la rapidez de vibración del cuerpo y se mide en Hertz, unidad que corresponde a una vibración completa, o ciclo, por segundo. Las ondas de ultrasonidos que nuestro oído no llega a percibir se pueden generar con diversos dispositivos mecánicos, electromecánicos, electromagnéticos y térmicos, con frecuencias entre 20.000 y varios miles de millones de Hz.

Ultrasonidos y mundo animal Algunos animales no sólo oyen estos sonidos, sino que los utilizan para orientarse, cazar y defenderse. Los murciélagos han sorprendido durante mucho tiempo a la comunidad científica porque, aunque se pensaba que eran ciegos, se comprobó que no tenían ninguna dificultad en sortear los obstáculos o cazar presas muy pequeñas. Hoy sabemos que aunque los murciélagos pueden ver (algunos tienen una vista muy aguda) emiten chillidos en ultrasonidos con frecuencias entre 20.000 y 100.000 Hz y que disponen de una especie de radar natural: las ondas de alta frecuencia que emiten se esparcen por la zona que les rodea, de manera que el animal puede identificar los objetos cercanos gracias al eco reflejado por ellos. Con este refinado radar, los murciélagos pueden establecer a través del sonido reflejado si el obstáculo es un objeto u otro animal, en cuyo caso pueden medir el tamaño, la forma, el tipo y la velocidad de su movimiento.

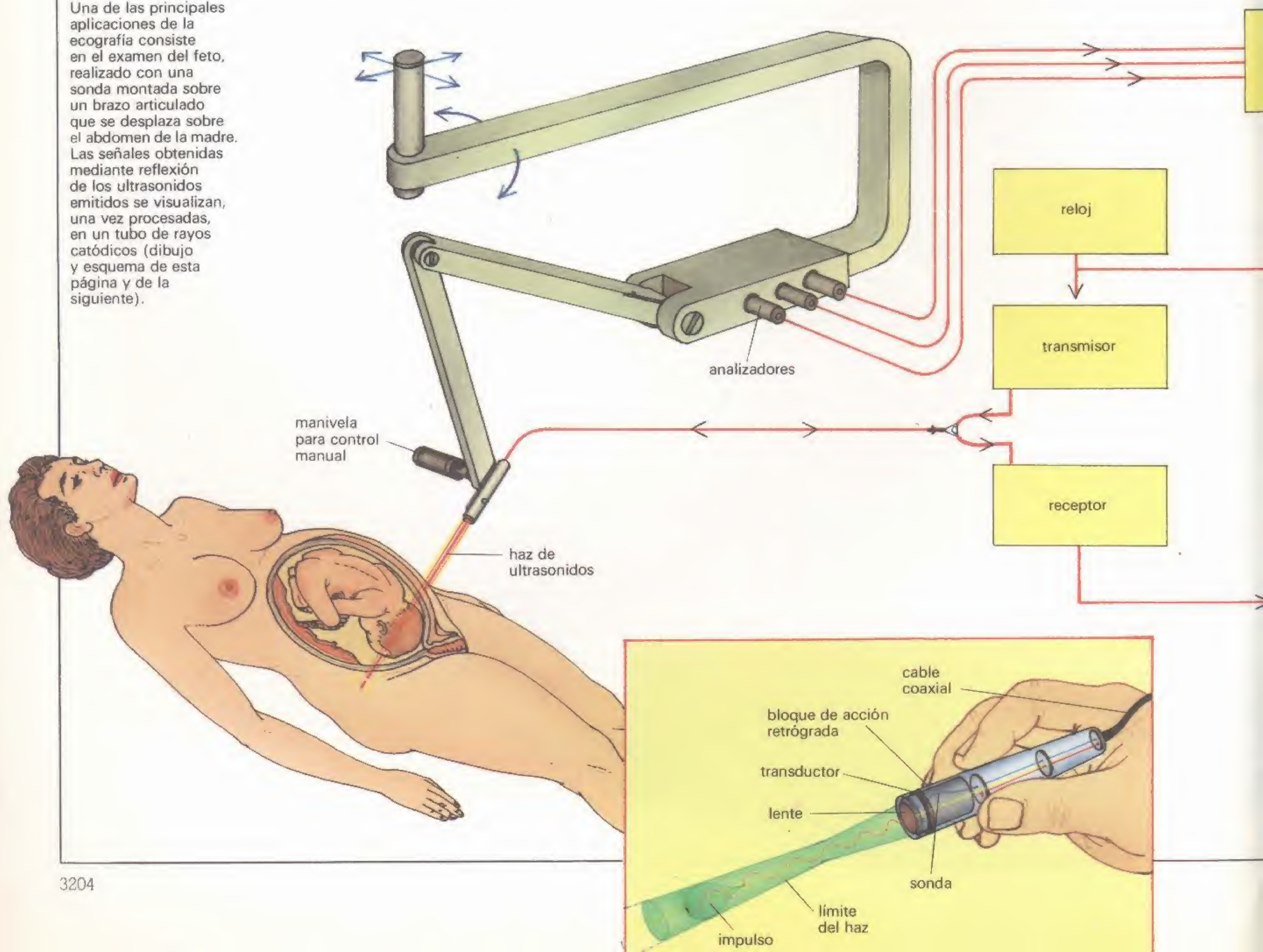
Sondeo acústico con ultrasonidos El sonar (siglas de *Sound Navigation and Ranging*, es decir, "dispositivo de medida con sonido para navegación") se basa en el mismo principio del eco y se utiliza para la exploración y representación car-

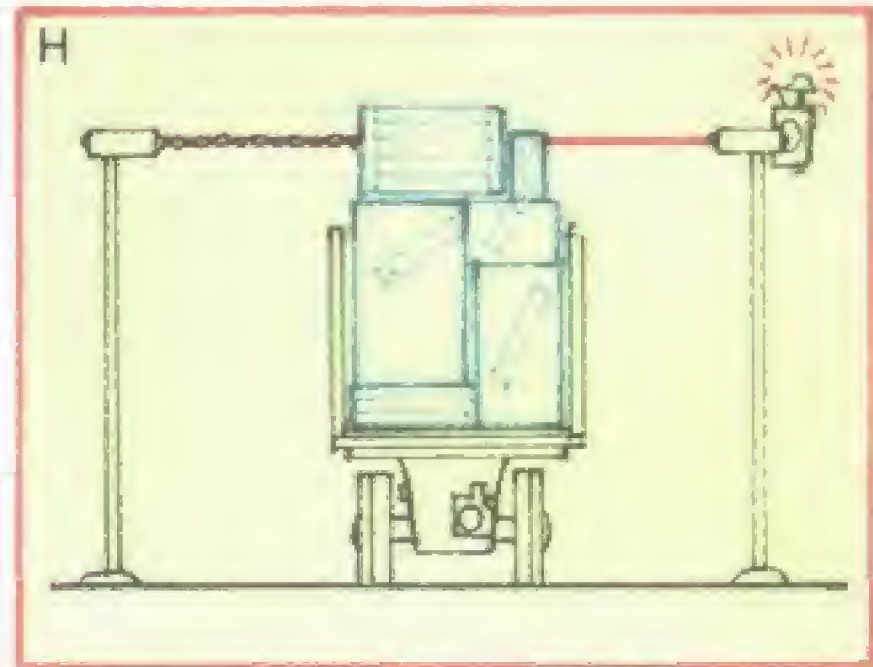
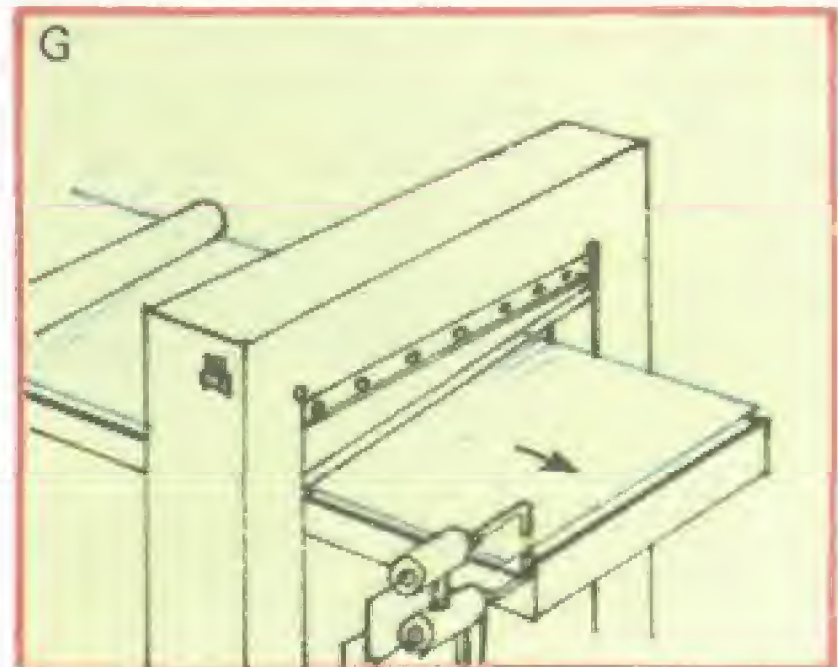
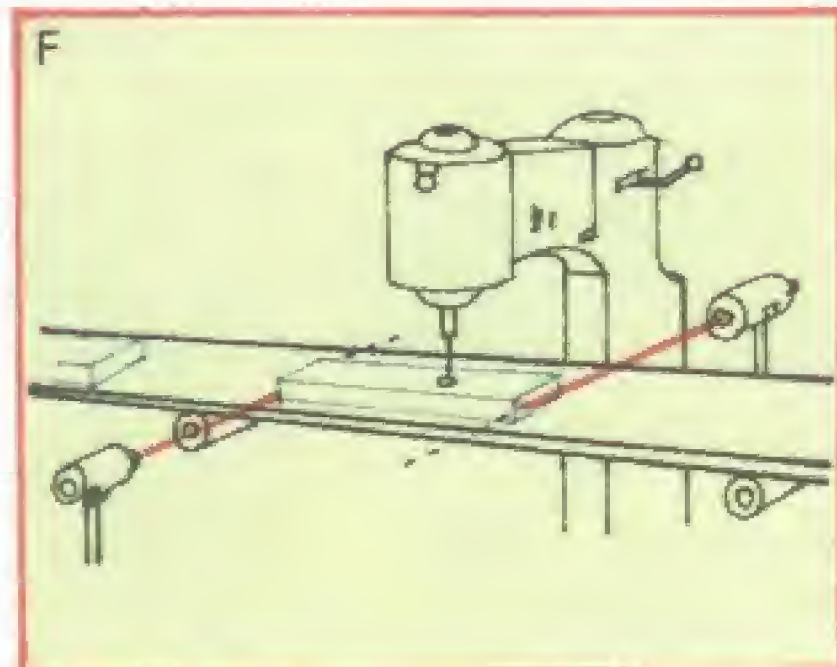
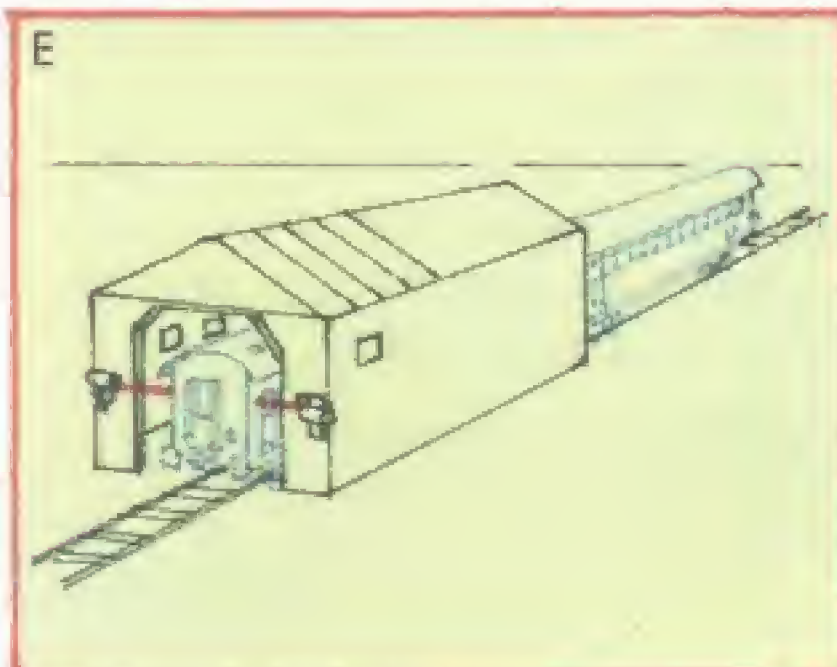
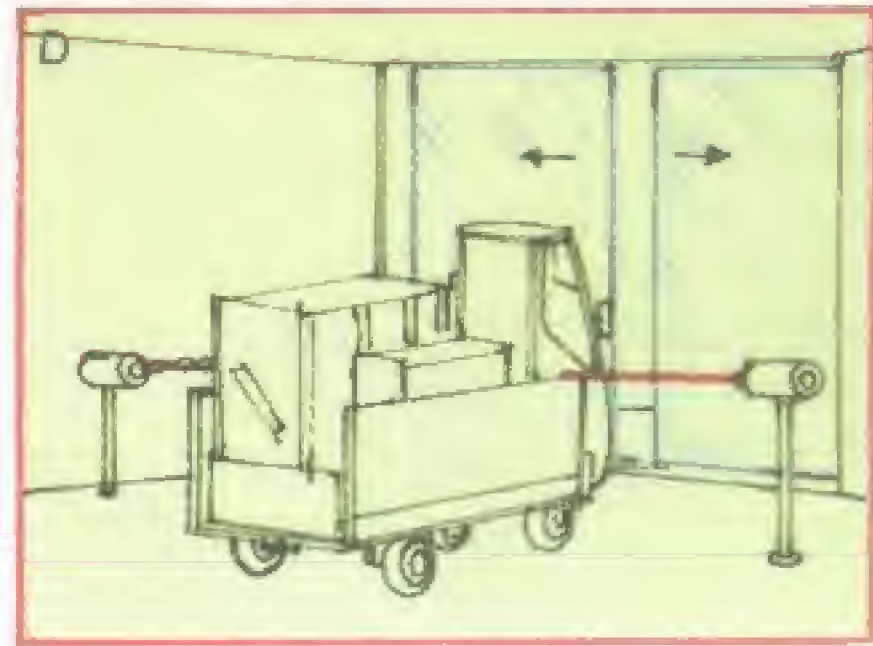
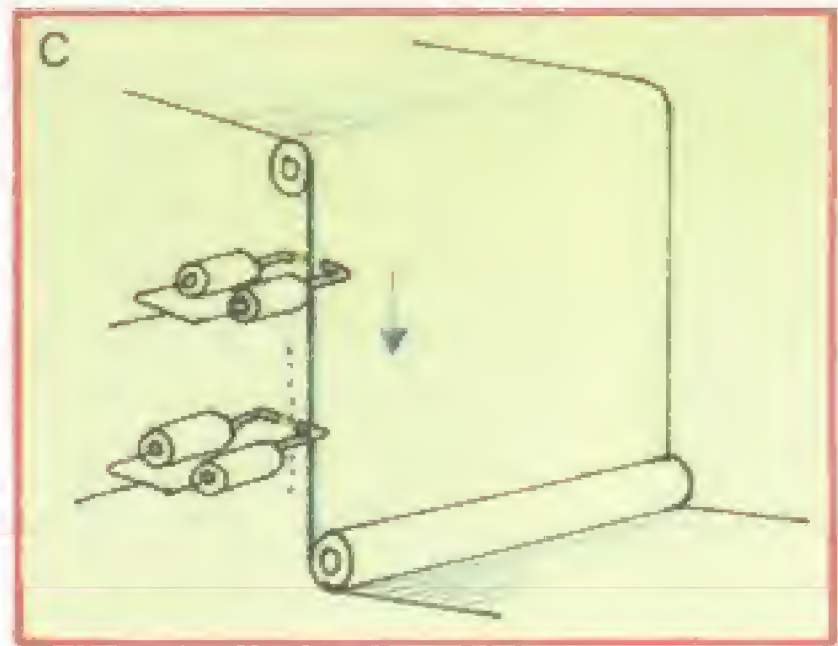
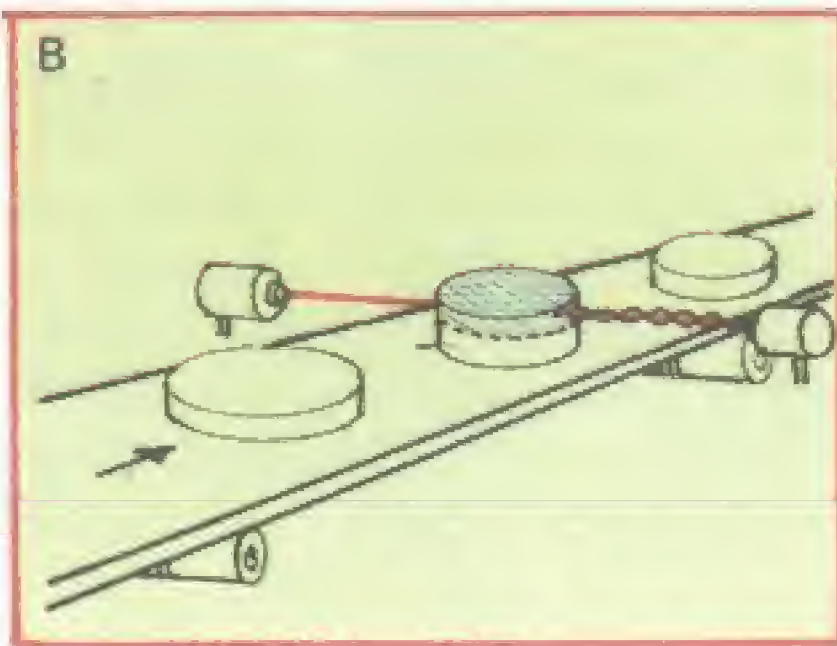
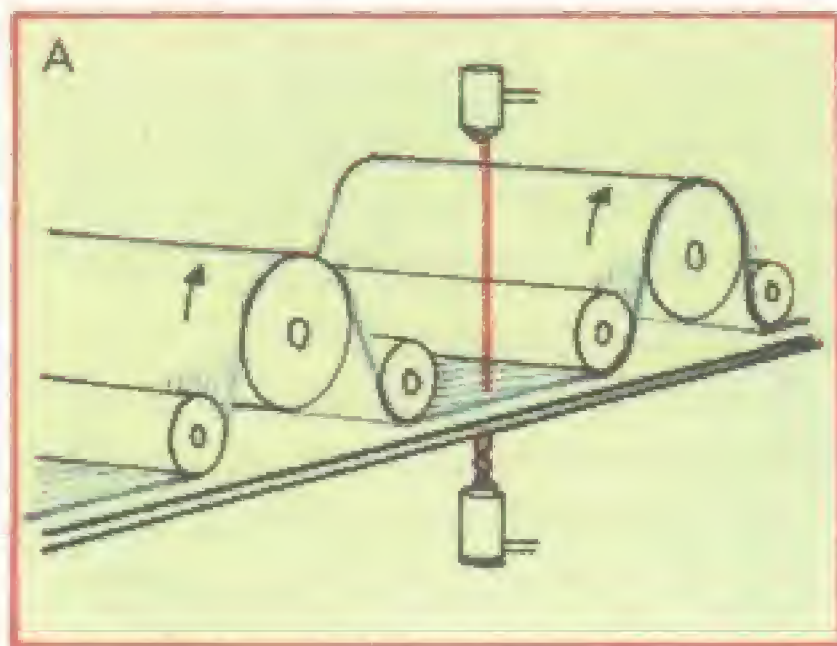
tográfica del fondo de los océanos y, durante la guerra, para la detección de los submarinos enemigos. En el sonar se emite una serie concentrada de impulsos de ondas sonoras de alta frecuencia: las ondas se reflejan en los objetos que encuentran en su recorrido y se detecta el eco correspondiente. Como se conoce con precisión la velocidad de propagación del sonido en el agua, es fácil calcular a qué distancia se encuentra el objeto detectado, multiplicando, simplemente, esta velocidad por la mitad del tiempo transcurrido desde la emisión del impulso sonoro hasta la recepción de su eco.

El principio del sondeo acústico con ultrasonidos ha dado lugar a otras muchas aplicaciones. Las ondas de ultrasonidos se utilizan para detectar defectos internos en materiales sólidos, debido a que las irregularidades reflejan las ondas y dan lugar a distintos tipos de ecos. De la misma forma, las compañías de ferrocarriles utilizan dispositivos de ultrasonidos para localizar posibles fallos en los raíles.

También el principio del sondeo mediante ultrasonidos se emplea en los sistemas de detección y control en procesos industriales, contando y controlando piezas u objetos paso a paso o en régimen continuo.

Una de las principales aplicaciones de la ecografía consiste en el examen del feto, realizado con una sonda montada sobre un brazo articulado que se desplaza sobre el abdomen de la madre. Las señales obtenidas mediante reflexión de los ultrasonidos emitidos se visualizan, una vez procesadas, en un tubo de rayos catódicos (dibujo y esquema de esta página y de la siguiente).





Los ultrasonidos se aplican ampliamente en trabajos de detección y control, de los que se han representado algunos ejemplos en los dibujos. En A, un dispositivo para detectar las interrupciones de un

material continuo; en B, un dispositivo de control de las medidas de un producto; en C, un dispositivo de control de los bordes de una tira continua de material; en D, un dispositivo de apertura automática de puertas. Existen sistemas de

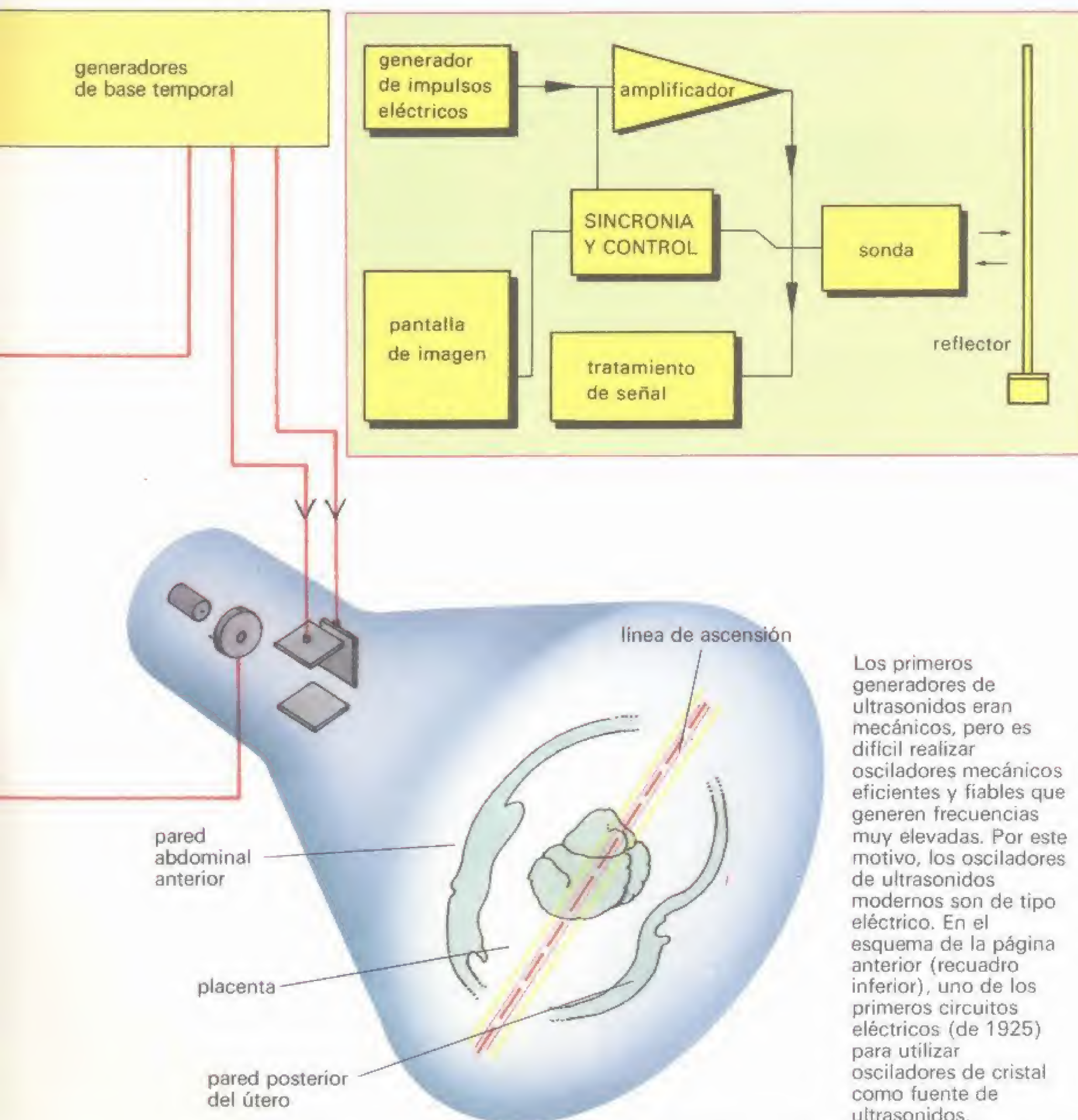
ultrasonidos para controlar el paso de vagones de tren durante su lavado (E), y para colocar piezas en máquinas automáticas (F). El control de la longitud de una plancha mediante ultrasonidos puede gobernar una

máquina de corte (G), y un dispositivo ultrasónico puede medir la altura de la carga sobre una carretilla elevadora (H). Los ultrasonidos se utilizan también en sistemas de alarmas y otros muchos procesos industriales.

Aplicaciones industriales Ultrasonidos de alta intensidad pueden producir fuertes vibraciones locales, y también transformaciones físicas y químicas, al crear esfuerzos mecánicos y calor en una zona determinada. Los ultrasonidos se utilizan para soldar piezas de plástico, mediante calor, o metálicas, mediante fricción. También se emplean para limpiar en profundidad piezas complejas (circuitos impresos, mecanismos de precisión e instrumentos de cirugía) y para perforar piezas dentales. En la actualidad, se investiga sobre sus posibilidades para pasteurizar la leche, refinar metales, aglomerar partículas suspendidas en gases y posteriormente depurarlas, etcétera

Fronteras médicas Los mayores logros en la investigación de los ultrasonidos se encuentran en el campo de la medicina. Los sistemas electrónicos que utilizan haces de ultrasonidos se han utilizado para la exploración diagnóstica, incluyendo la detección de tumores cerebrales. Además, los ultrasonidos se han utilizado en neurocirugía: un haz de ultrasonidos de alta intensidad y alta frecuencia (un millón de ciclos por segundo) perfectamente enfocado, puede destruir tejidos enfermos con gran precisión. También se pueden tratar con ultrasonidos enfermedades como la artritis, el lumbago, la migraña y las contusiones, e incluso destruir cálculos renales. La *ecografía* ha supuesto una importante fuente de información sobre el estado del feto durante su desarrollo en el útero materno. Las frecuencias acústicas hasta 5 Mhz rebotan en el feto, produciendo los ecos que después un dispositivo electrónico traducirá en imágenes del embrión. Mediante la utilización de esta tecnología, pueden detectarse posibles malformaciones desde las primeras fases del embarazo. Las técnicas basadas en ultrasonidos proporcionan también información muy valiosa sobre el flujo de sangre en la zona cardíaca y sobre el estado de las válvulas del corazón

Véase Acústica; Sonar; Sonido



Los primeros generadores de ultrasonidos eran mecánicos, pero es difícil realizar osciladores mecánicos eficientes y fiables que generen frecuencias muy elevadas. Por este motivo, los osciladores de ultrasonidos modernos son de tipo eléctrico. En el esquema de la página anterior (recuadro inferior), uno de los primeros circuitos eléctricos (de 1925) para utilizar osciladores de cristal como fuente de ultrasonidos.

Ultravioleta, radiación

El Sol emite radiaciones electromagnéticas en una amplia banda de frecuencias que se extiende desde los rayos gamma, de muy alta energía, hasta las ondas de radio. En una región intermedia del espectro, junto a la banda del visible y con longitudes de onda más cortas, se encuentra el espectro ultravioleta. Aunque su intensidad representa casi el 10% de la energía total emitida por el Sol, sólo una pequeña parte alcanza la superficie terrestre; el resto es absorbido por las capas más altas de nuestra atmósfera.

Ultravioleta próximo La pequeña proporción que llega al suelo corresponde precisamente a las longitudes de onda más cercanas al límite que puede percibir el ojo humano. Reciben el nombre de ultravioleta próximo, y son las responsables de la propiedad bronceadora de los rayos solares y de la síntesis de la vitamina C por el organismo.

El fenómeno de fluorescencia también se encuentra íntimamente vinculado a estas radiaciones. Los átomos de ciertas sustancias absorben energía en forma de luz ultravioleta, emitiéndola inmediatamente como radiación de mayor longitud de onda, es decir, de luz visible. Las lámparas fluorescentes para el alumbrado, tan comunes en nuestra sociedad, contienen en su interior una mezcla de gases de mercurio y sodio a baja presión que se ex-

cita emitiendo radiación ultravioleta cuando se produce una descarga eléctrica entre los electrodos del tubo. La superficie de vidrio de los tubos está recubierta de materiales con un alto contenido en fósforo, que transforma esta radiación en una luz visible con características espectrales más semejantes a la luz solar que la emitida por las bombillas de filamento incandescente.

En los últimos años se ha introducido el uso de la radiación ultravioleta en los laboratorios de conservación y restauración de cuadros. Con esta nueva técnica pueden descubrirse inscripciones, dibujos borrados, retoques o rebarnizados realizados en fechas posteriores a la ejecución de la obra.

Ultravioleta lejano: radiaciones peligrosas Comprendida entre el ultravioleta próximo y los rayos X se encuentra una banda de radiación que posee un mayor contenido energético. Es el ultravioleta lejano. Se utiliza en los laboratorios para destruir gérmenes y bacterias en ambientes que se quieren mantener estériles. La sensibilidad de los materiales biológicos complejos (proteínas, ácidos nucleicos) a estas radiaciones las hace extraordinariamente peligrosas. Un pequeño aumento en la intensidad de los rayos que alcanzan la superficie de la Tierra bastaría para provocar un incremento considerable de

casos de cáncer de piel, disfunciones del sistema inmunológico, aumento de cataratas en los ojos y daños difícilmente evaluables en las cosechas.

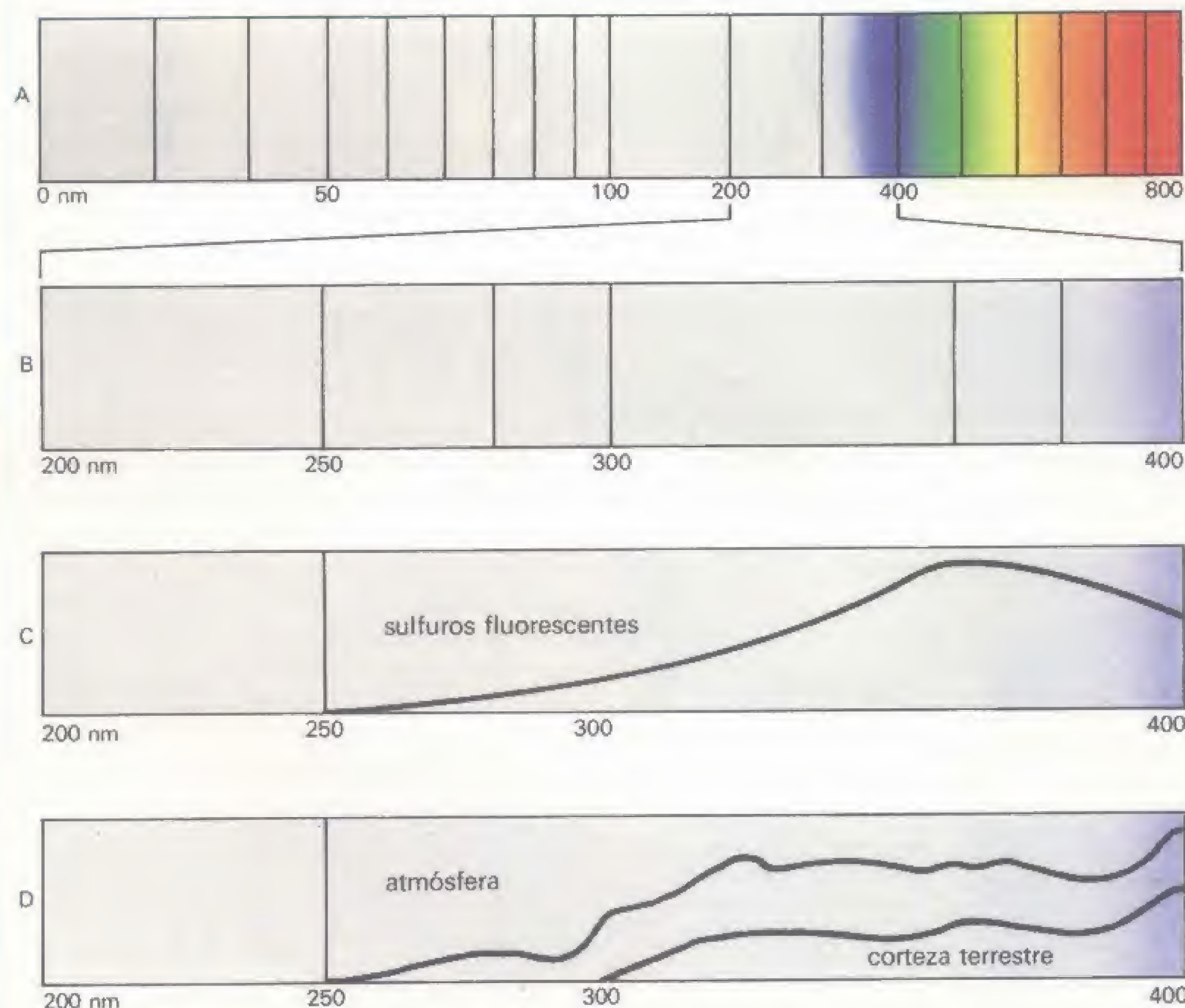
Afortunadamente, el oxígeno de la alta atmósfera y, sobre todo, el ozono estratosférico actúan de pantalla protectora de la mayor parte de esta radiación.

En los últimos años han surgido diversas teorías sobre el peligro que suponen los vertidos incontrollados a la atmósfera de productos químicos susceptibles de modificar el equilibrio fotoquímico en la estratosfera y, en consecuencia, de provocar una disminución de la capa de ozono y un aumento de radiación en la superficie terrestre. Estas predicciones parecen



Las ilustraciones reproducen dos fuentes comunes de rayos ultravioleta. Abajo, un modelo antiguo de lámpara de vapor de mercurio con ampolla de cuarzo utilizada para el bronceado. Arriba, una lámpara de Wood (que recibe el nombre del físico que realizó una importante serie

de experimentos en el campo del ultravioleta); es un equipo de laboratorio que utiliza vapor de mercurio como fuente de radiación. Lleva incorporado un filtro consistente en una placa de cuarzo coloreado que absorbe la radiación visible, dejando pasar únicamente la ultravioleta.

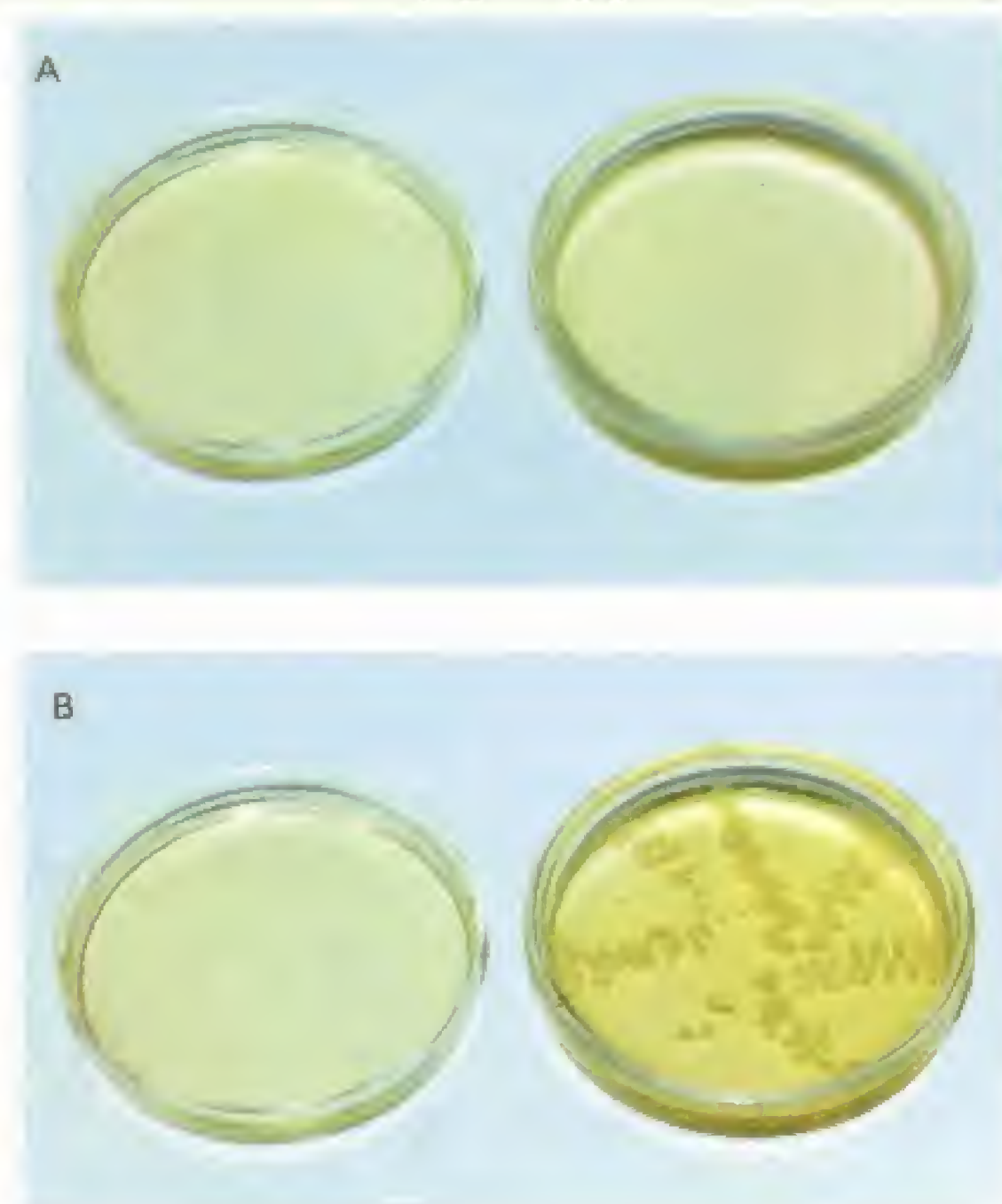


confirmarse con el reciente descubrimiento de una importante reducción de ozono en el continente antártico ("agujero de ozono") durante la primavera. La gravedad de este fenómeno está sensibilizando a muchos gobiernos sobre la necesidad de un mayor control en los productos químicos —principalmente clorofluorocarbonados— que actualmente se vierten a la atmósfera.

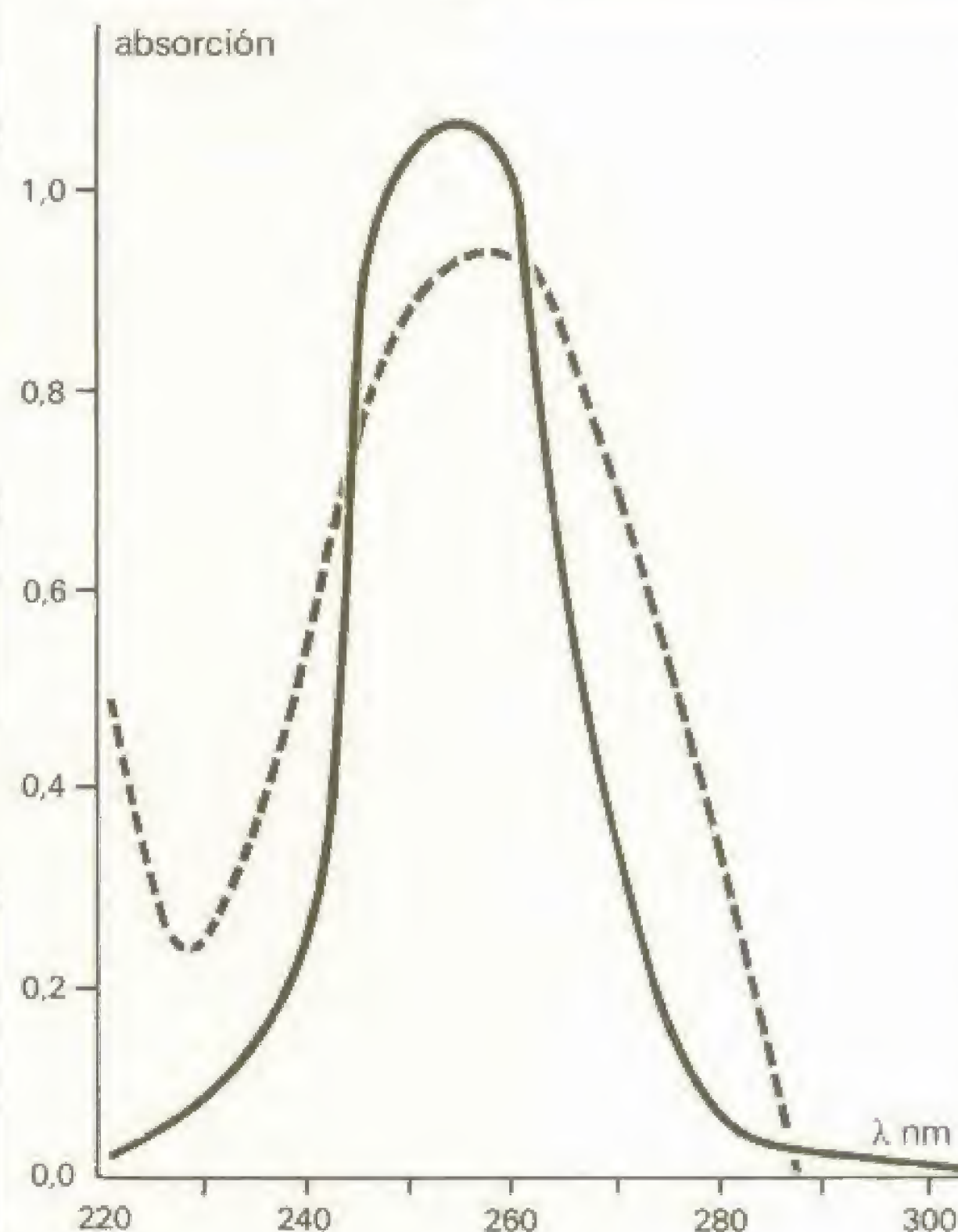
Un observatorio en órbita Durante la presente década se ha producido un notable avance en el conocimiento de la radiación ultravioleta. El lanzamiento de satélites con instrumentos científicos que exploran el Sol desde el límite exterior de

En esta página se muestran algunas aplicaciones de la radiación ultravioleta. Su uso se extiende a numerosos campos, tanto industriales como científicos y domésticos. El poder bactericida queda representado en la figura de la derecha, donde se reproducen dos cultivos de bacterias dentro de sus cápsulas. La de la izquierda está sometida a una radiación ultravioleta. En (A) se ha fotografiado el estado inicial. Pasado un

tiempo (B), se observa el desarrollo de las bacterias en la cápsula no radiada y la ausencia de éstas en la sometida a radiación. En el diagrama inferior se ha dibujado el espectro de absorción de un ácido nucleico bacteriano (línea de puntos) y el de la radiación ultravioleta que lo alcanza (línea continua). Debido a la casi total coincidencia de su distribución espectral, la radiación es absorbida completamente, alterando la molécula de ácido nucleico y bloqueando su proliferación. La detección de materiales fluorescentes se



Cromatografía en papel de estratos de ruibarbo chino detectados con UV

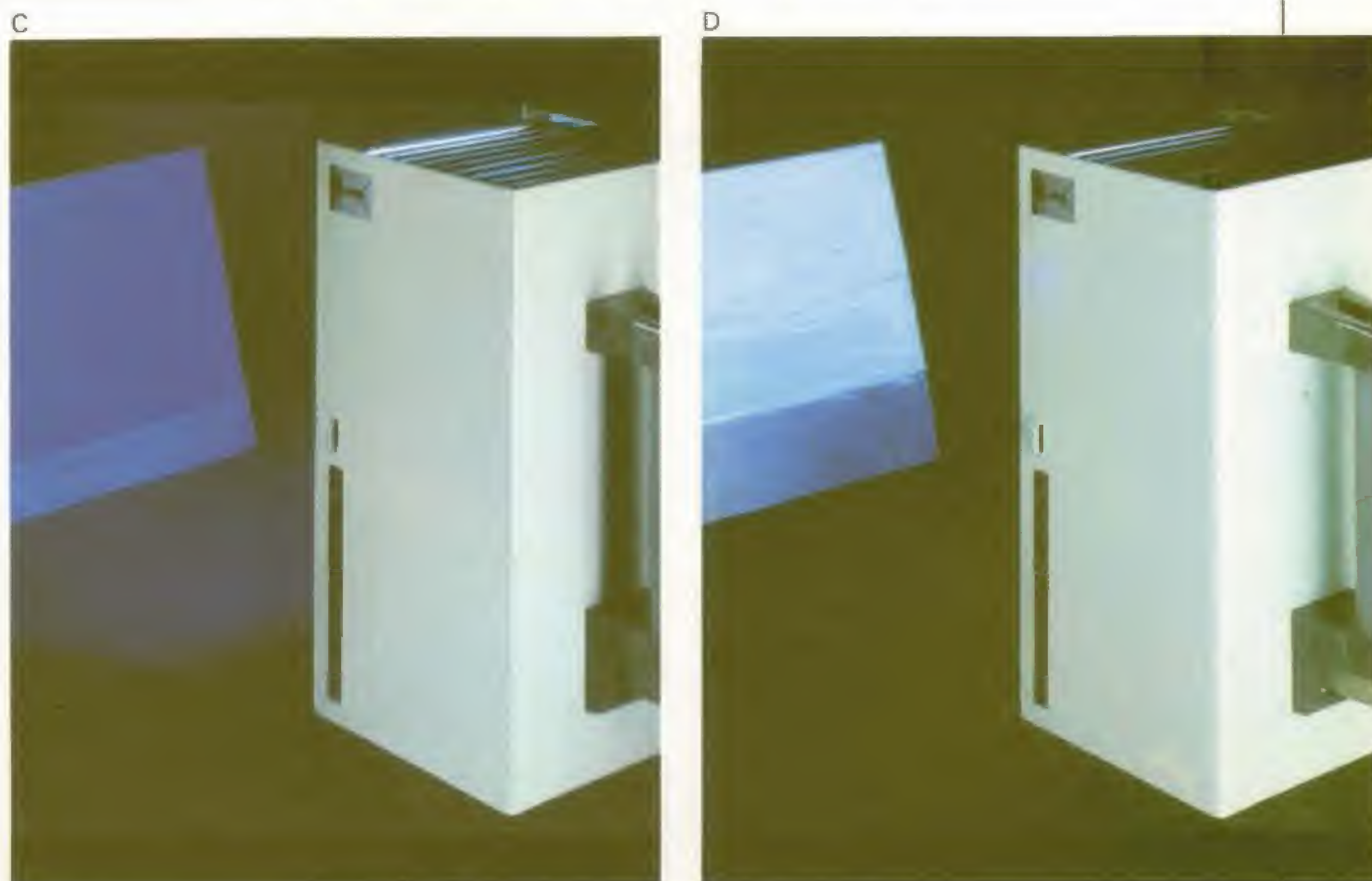


→ representa en las fotos inferiores. En (C) puede verse una tabla cubierta en una de sus mitades con pintura fluorescente mientras la lámpara de Wood está apagada. En (D) la lámpara está encendida: la radiación alcanza la tabla y pone en evidencia la fluorescencia de la pintura. El análisis por fluorescencia ultravioleta se utiliza también para detectar las sustancias separadas en el análisis cromatográfico, como se puede ver en el centro de la página, a la izquierda; es el caso de algunos estratos vegetales separados por cromatografía sobre papel.

la atmósfera ha permitido la medida precisa del espectro solar y en particular de la energía emitida en la región del ultravioleta, sus fluctuaciones y variaciones.

Con ayuda de uno de esos satélites, el IUE (*Internacional Ultraviolet Explorer*) —utilizado conjuntamente por la NASA y la Agencia Espacial Europea (ESA)—, se han observado estrellas de tamaño similar pero más jóvenes que nuestro Sol, que emiten radiación ultravioleta en una magnitud 10.000 veces superior a la que lo hace actualmente el Sol. Este descubrimiento, que hasta hace poco tiempo se consideraba impensable, ha servido para elaborar nuevas teorías sobre la formación de la atmósfera primitiva, lo que significa un gran avance para la comprensión de los orígenes de nuestra atmósfera y los mecanismos fotoquímicos que han llevado a los niveles de oxígeno que hoy respiramos.

Véase Cuerpo negro; Espectrofotómetro; Espectroscopia; Fluorescencia; Fotoquímica; Ozono; Radiación

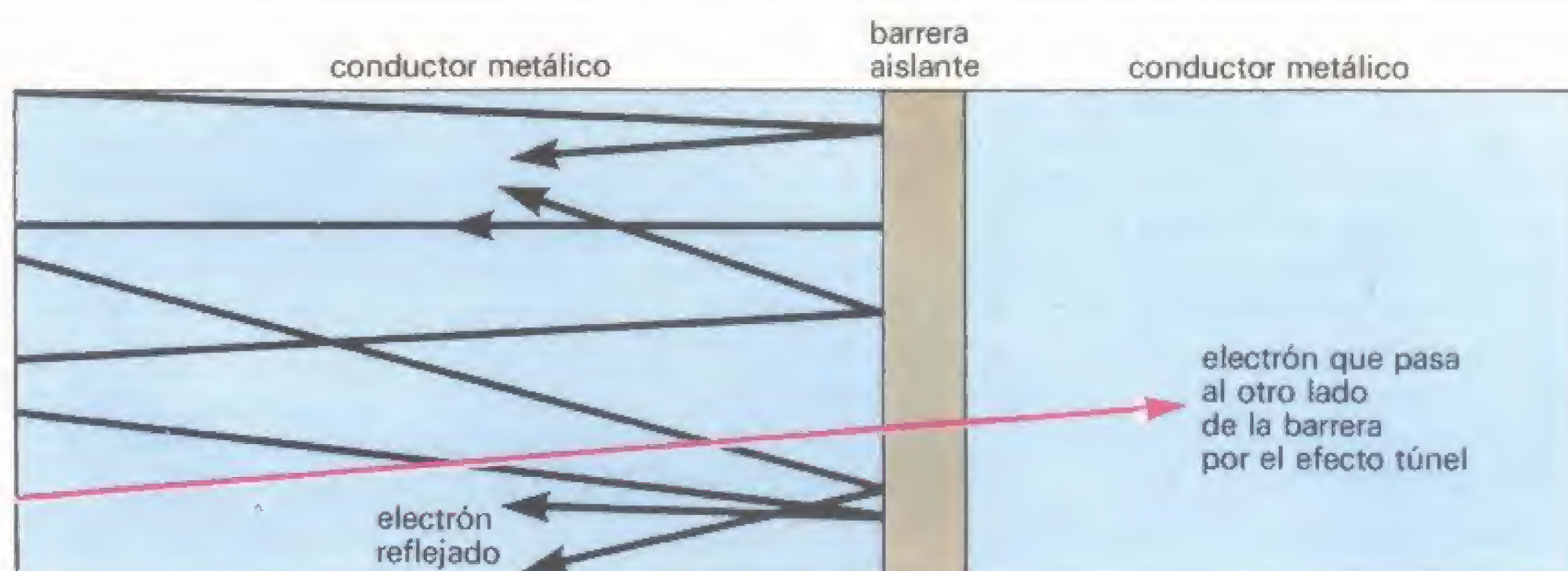


Unión Josephson

En la actualidad, los ingenieros que diseñan ordenadores están tan obsesionados por la velocidad de funcionamiento de los mismos como lo estuvieron los primeros constructores de automóviles y aviones. El sucesivo paso de las válvulas de los años cuarenta a los transistores, en la década siguiente, y, después, a los circuitos integrados, en los años sesenta, ha conseguido que estas máquinas funcionen cada vez con más rapidez. Debido a que las memorias y los circuitos lógicos de los ordenadores son conjuntos de conmutadores eléctricos minúsculos, cada uno de los cuales puede tener dos estados, abierto o cerrado ("0" ó "1"), la velocidad de un ordenador se define en último término tomando en cuenta el tiempo necesario para que un conmutador pase de un estado a otro (*tiempo de ciclo*).

Con las tecnologías actuales pueden alcanzarse tiempos de ciclo de doce nanosegundos (12×10^{-9} segundos). Sin embargo, nuevos adelantos tecnológicos, basados en ciertas propiedades de los metales superconductores a temperaturas próximas al cero absoluto, permiten tiempos de ciclo de hasta un nanosegundo. Esta tecnología se basa en la unión de Josephson, un minúsculo conmutador eléctrico sumergido en helio líquido que conduce una corriente eléctrica pequeñísima, y que puede permitir la creación de máquinas por lo menos diez veces más rápidas que los ordenadores actuales. Sin embargo, aunque las uniones de Josephson son empleadas en laboratorio, su utilización comercial a gran escala está aún lejana.

Superconductividad El requisito fundamental para que funcione un conmutador basado en la unión de Josephson es que se encuentre a una temperatura de cuatro grados por encima del cero absoluto. De este modo, el metal de la unión está en estado de *superconductividad*, sin ofrecer resistencia alguna al paso de la corriente eléctrica. Al no existir resistencia, sólo es necesaria una mínima cantidad de energía para mantener la corriente.

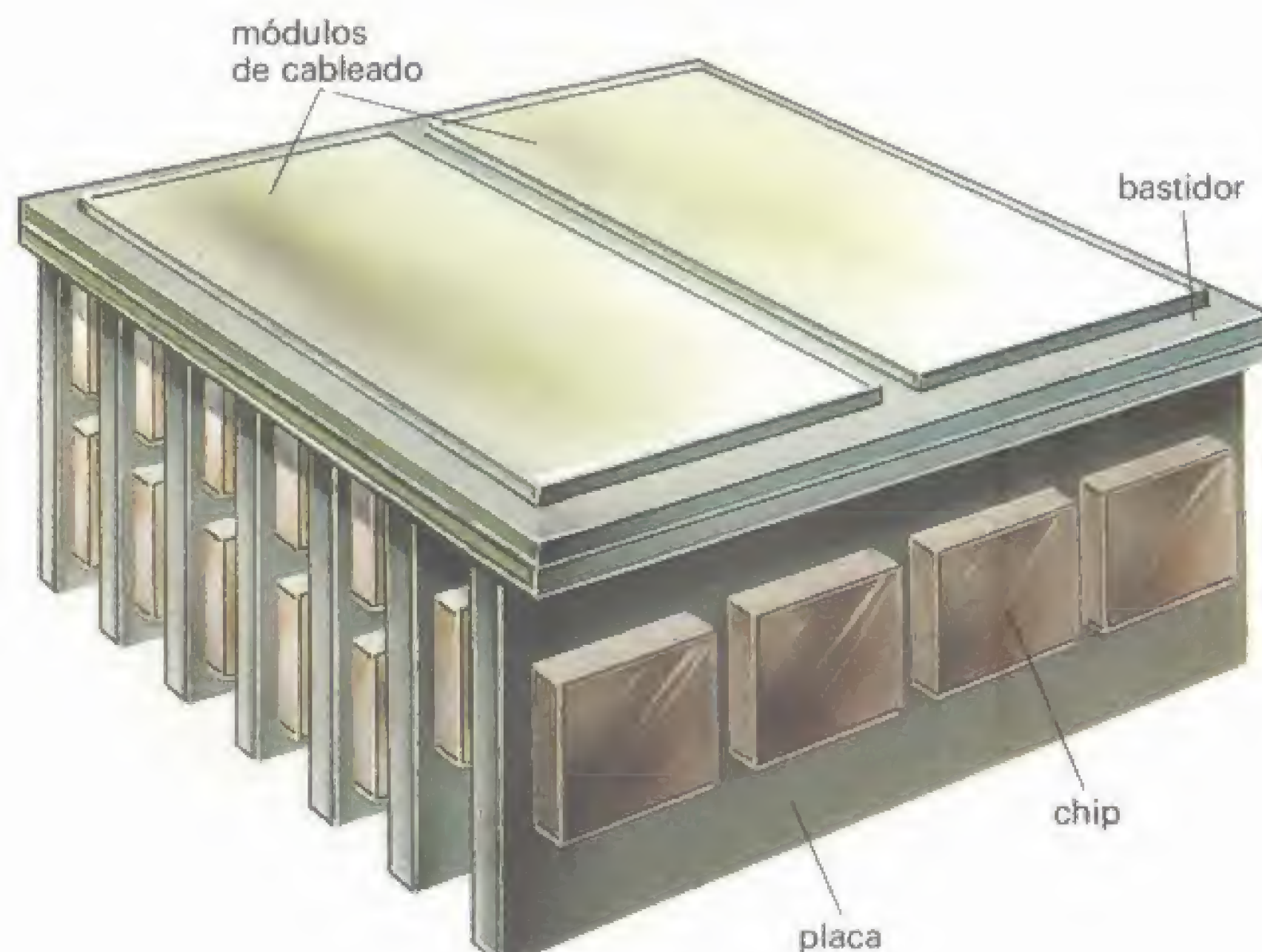


Las uniones de Josephson aprovechan un determinado fenómeno electrónico, llamado efecto túnel, no previsto en la Física clásica pero que puede explicarse con ayuda de la Mecánica cuántica. Cuando entre dos conductores existe una barrera aislante,

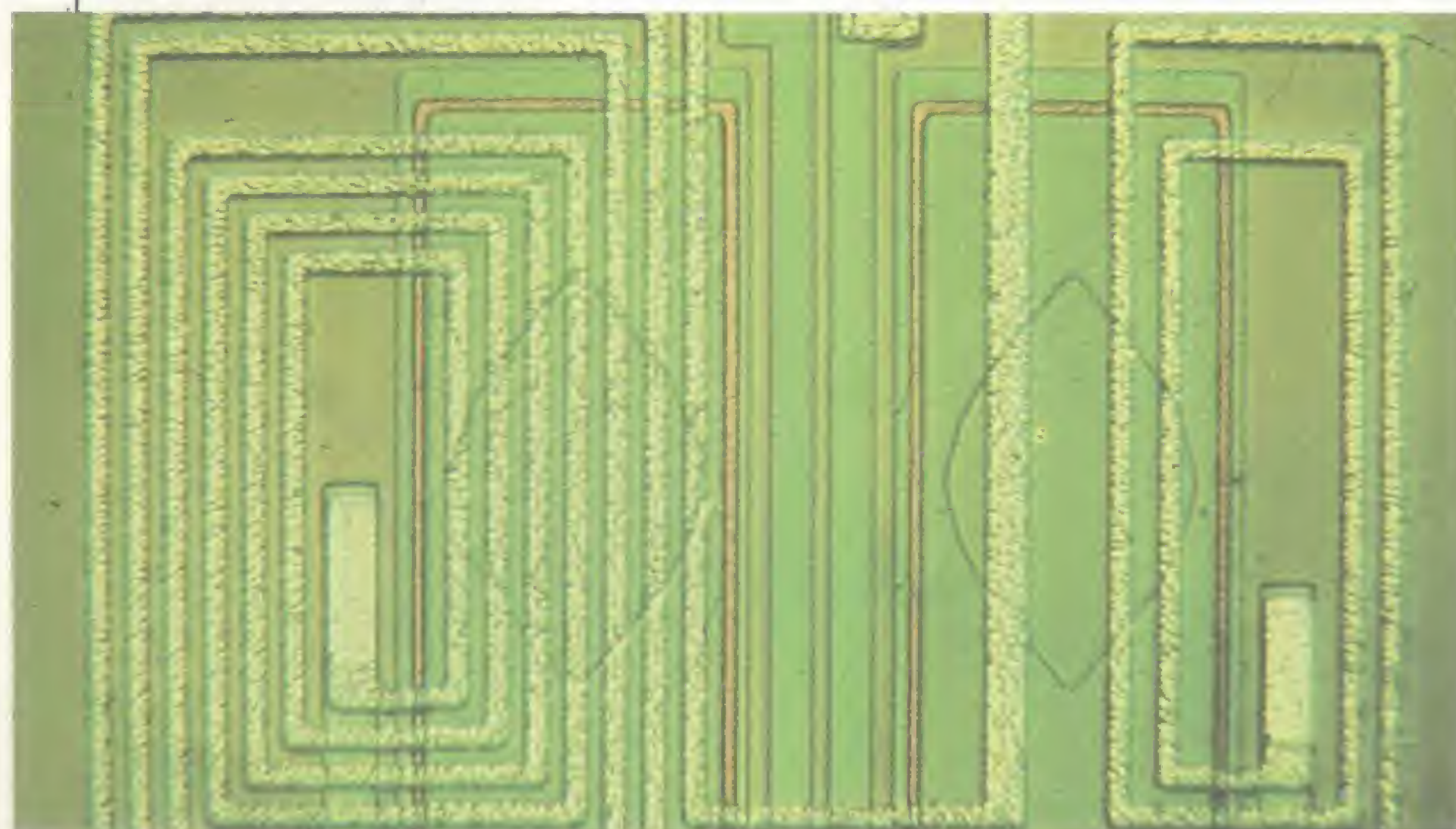
las cargas eléctricas, de acuerdo con la Física clásica, no podrían circular libremente de un conductor a otro y serían rechazadas por la barrera. Según la Mecánica cuántica existe, en cambio, una probabilidad de que un electrón llegue al otro

lado de la barrera. Para la Física clásica, en términos intuitivos, los electrones no conseguirían nunca "saltar" la barrera, mientras que para la Mecánica cuántica, aunque ningún electrón pueda saltarla, algunos pueden, en cierta forma, "pasar

por debajo" (de ahí el nombre de "efecto túnel"). El efecto Josephson es fundamentalmente un efecto túnel con pares de electrones, en lugar de electrones separados, que atraviesan una barrera aislante que separa los dos superconductores.

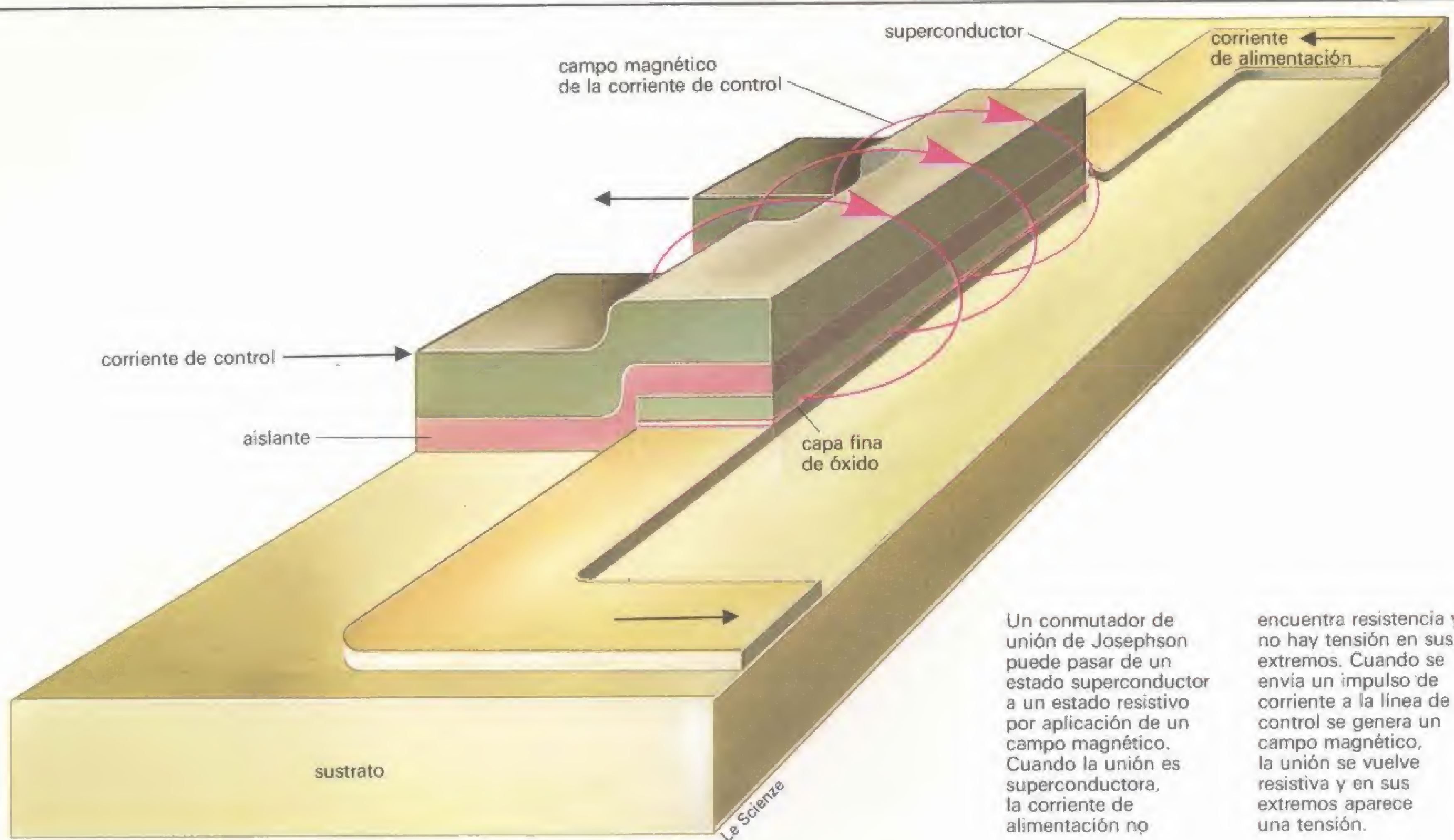


Abajo, una unión de Josephson vista al microscopio electrónico. Las uniones de Josephson, que se basan en la tecnología de los superconductores, se suelen utilizar para la realización de ordenadores que pueden funcionar aproximadamente cincuenta veces más rápidamente que los ordenadores actuales, basados en la tecnología de los semiconductores.



Para el efecto Josephson es esencial el efecto túnel electrónico. Cuando la corriente pasa por un conductor normal y se encuentra con una interrupción o un aislante (como en los condensadores), al otro lado del cual existe otro conductor, no superará el obstáculo a menos que su tensión sea lo suficientemente elevada. Pero, contradiciendo las leyes de la Mecánica clásica y de acuerdo con las leyes de la Mecánica cuántica, una corriente que pase por un conductor podrá superar un obstáculo si éste está formado por una película aislante fina. Si la unión se encuentra entre dos superconductores tendrán lugar además cosas sorprendentes: por la película no pasarán simplemente electrones aislados, sino pares de electrones, creando así una supercorriente.

El efecto Josephson Brian David Josephson, un estudiante licenciado en Fís-



Un conmutador de unión de Josephson puede pasar de un estado superconductor a un estado resistivo por aplicación de un campo magnético. Cuando la unión es superconductora, la corriente de alimentación no

encuentra resistencia y no hay tensión en sus extremos. Cuando se envía un impulso de corriente a la línea de control se genera un campo magnético, la unión se vuelve resistiva y en sus extremos aparece una tensión.

ca por la Universidad de Cambridge, previó teóricamente, a principios de los años sesenta, y demostró después experimentalmente, que la corriente que circula por un superconductor puede superar una barrera formada por una película delgada gracias al efecto túnel. También descubrió que al aplicar un campo magnético a la unión, se crea una resistencia que impide el paso de la corriente. De esta forma se encontró el mecanismo idóneo para "encender" y "apagar" la unión de Josephson. Experimentos sucesivos demostraron que después de la aplicación de un campo magnético, la unión de Josephson podía pasar de un estado al otro en menos de seis picosegundos (6×10^{-12} segundos).

Este es el conmutador más veloz que se conoce y, en consecuencia, ha sido objeto de numerosas investigaciones.

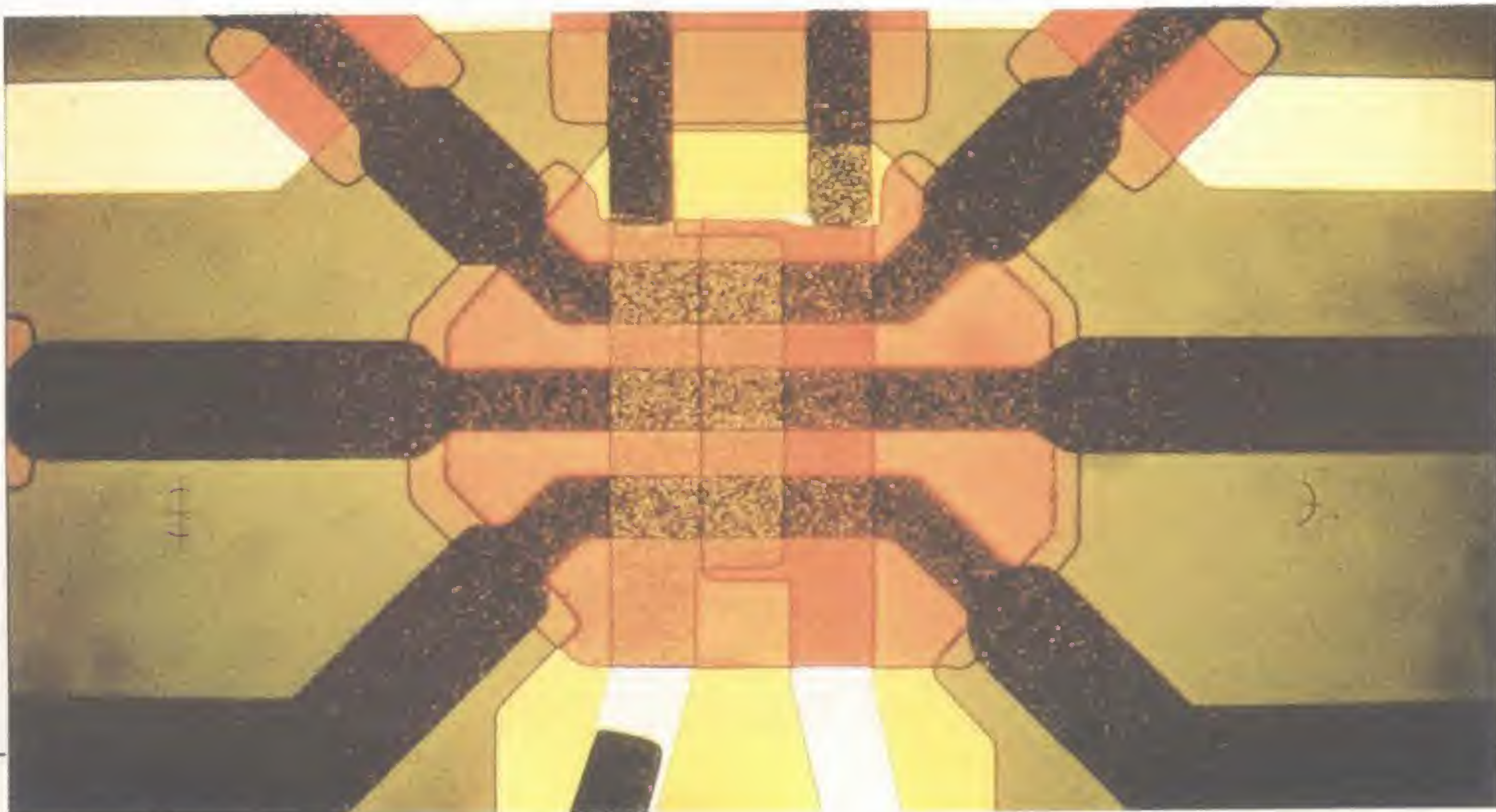
Producción y futuras aplicaciones de las uniones de Josephson Los superconductores suelen realizarse con plomo, oro y otros metales colocados sobre soportes de silicio. Aunque los aparatos necesarios para mantener un dispositivo Josephson sumergido en helio líquido son voluminosos, la unión en sí es, normalmente, muy pequeña. Debido a que un factor que contribuye a determinar el tiempo de ciclo de un ordenador es el tiempo utilizado por las señales para ir de un punto a otro, un ordenador superveloz, con tiempos de ci-

clo de un nanosegundo o menos, tendría que tener millones de uniones de Josephson en un espacio del tamaño de un puño. En la práctica puede ser difícil obtener tiempos de ciclo tan cortos. Sin embargo, en un futuro inmediato, es probable que se desarrollen aplicaciones de la unión de Josephson, como conmutadores y dispositivos de control de entrada/salida, debido a que su velocidad y su extrema sensibilidad a los campos magnéticos de intensidad muy baja no tienen rival.

Véase **Circuito electrónico; Circuito lógico; Electrónica; Ordenador, memoria de**

Microfotografía de una unión de Josephson. Los superconductores suelen fabricarse con plomo, oro y otros metales, dispuestos sobre placas de silicio. En una unión de este tipo, los módulos deben estar montados con una densidad muy alta, para no anular las ventajas de los cortos tiempos de conmutación de las uniones, haciendo que las señales recorran largas conexiones. El montaje de una unión de Josephson, en lo que respecta a los elementos fundamentales, puede verse en el centro de la página anterior: todo el conjunto mide del orden de 25 milímetros de lado.

IBM y La Scienze



Universo

El estudio de las civilizaciones y de los pueblos más primitivos nos ha permitido saber que el hombre, desde los primeros momentos de su existencia, intuyó, sensorial o espiritualmente, que el espacio celeste en el cual aparecían suspendidos todos los astros tenía que ser enormemente grande y que, por lo tanto, sus fronteras tenían que extenderse mucho más allá de la propia Tierra y del alcance de los limitados sentidos humanos. Cada cultura intentó construir modelos del Universo donde la Tierra ocupase una posición privilegiada; los astros se distribuían a su alrededor según una escala de distancias absolutamente jerárquica. Así, Tierra, espacio y astros constituían el Universo. Sin embargo, tras definirlo con mayor o menor complejidad, surgía el verdadero interrogante ¿cuál era su origen? En muchas

tes, lejanos e inaccesibles, permitía ser observado directamente.

En todas las culturas, los astros se clasificaban según tres categorías: los grandes y poderosos, como el Sol y la Luna; los luminosos y dotados de movimientos, como los planetas, y, finalmente, las estrellas fijas que, en gran número y con menos luminosidad, parecían ocupar una posición fija sobre un fondo interestelar rígido, la bóveda celeste. La gran luminosidad del Sol y de la Luna permitía suponer que estos astros eran los más cercanos; los planetas, debido a sus movimientos apreciables y a sus distintas velocidades, tendrían que estar relativamente próximos a nosotros; finalmente, las estrellas constituían un fondo celeste muy distante.

Pero tanto la magnitud de estas distancias como los tamaños físicos de los cuer-

mos establecer las primeras aproximaciones sobre distancias interplanetarias y, más tarde, interestelares.

Pero antes de que esto tuviese lugar, un astrónomo inglés de origen alemán, W. Herschel, se planteó la tarea de realizar un escrutinio sistemático del cielo con el fin de comprender la, aparentemente, caprichosa distribución de los astros sobre el firmamento. Desde la antigüedad se tenía constancia de que la densidad estelar era mayor en unas direcciones que en otras. En particular, se observaba claramente una franja del cielo, a la que se llamó Vía Láctea, en donde la concentración de estrellas aparentaba ser máxima. Herschel se impuso la tarea de establecer una descripción cuantitativa y estadística sobre la distribución de los astros en función de su posición. Para ello eligió un elevado número de regiones dispersas sobre la bóveda celeste y realizó un minucioso conteo de las estrellas observables en cada una de ellas. Como resultado de este laborioso recuento pudo deducir que el número de estrellas aumentaba progresivamente según se acercaba al plano de la Vía Láctea, mientras que, por el contrario, la concentración estelar disminuía notablemente a medida que se aproximaba a la perpendicular a dicho plano. Tras construir la primera carta estelar, dedujo que la mayor parte de las estrellas que se observaban parecía concentrarse en el cinturón de luz conocido como Vía Láctea. La explicación parecía lógica si se suponía que el motivo de esta concentración de



A la izquierda, el gran radiotelescopio de 75 metros de Jodrell Bank (Inglaterra), el instrumento que protagonizó la historia de la radioastronomía en los años sesenta, antes de ser destronado, en los setenta, por el radiotelescopio de Bonn. Los radiotelescopios son

instrumentos de gran alcance, capaces de penetrar en las profundas entrañas del Universo. En la página siguiente, una tabla comparativa de los tamaños y dimensiones de los objetos que pueblan nuestro Universo: desde los átomos hasta los grandes cúmulos galácticos.

culturas, el origen del Cosmos, es decir, de la totalidad de los cuerpos celestes, se resolvía de forma bastante ingenua, imaginando, por ejemplo, que seres gigantes o sobrenaturales habían construido y modelado todas las cosas a partir de materia que, evidentemente, no formaba parte del Universo.

Existen buenos motivos para afirmar que los conocimientos que tenían nuestros antepasados sobre el Universo eran, desde luego, muy limitados. Incluso ahora, se puede decir que la exploración del Universo próximo y lejano no ha hecho más que empezar y que sólo disponemos de un conocimiento parcial de éste.

El Universo de las antiguas civilizaciones Para los antiguos, el Universo era, sencillamente, el espacio que contenía todos los astros. La Tierra era considerada como un cuerpo celeste especial que, a diferencia del resto de los objetos cele-

pos celestes continuaban siendo una incógnita para el ser humano. Los griegos fueron los primeros en intentar establecer las dimensiones aparentes del Sol, así como en elaborar una imagen de conjunto donde fuese posible comprender las posiciones recíprocas de todos los astros. Lamentablemente, todos estos estudios y datos desaparecieron durante la Edad Media. La oscuridad y el desconocimiento del Universo siguieron reinando hasta el siglo XVI, en el que figuras como Copérnico, Kepler y Galileo arrojaron las primeras luces sobre los enigmas de nuestro cosmos.

De Galileo a Herschel La introducción del telescopio como herramienta de estudio de la Astronomía hizo posible observar más detalladamente las superficies de la Luna y de algunos planetas.

Utilizado también como mira direccional, el telescopio permitió a los astróno-

estrellas en una específica región del espacio respondía al hecho de que la Tierra estaba situada dentro de un gigantesco disco en forma de lente y que el Sol se encontraba cerca del centro de dicho sistema estelar o Galaxia. Por consiguiente, cuando se miraba en la dirección del radio del disco, es decir, del plano galáctico, se observaba un espacio salpicado de estrellas, mientras que si se iba apartando, progresivamente, la vista del plano galáctico, se vería un espesor de estrellas cada vez menor, de suerte que sólo percibiríamos la imagen de alguna estrella aislada y próxima. De acuerdo con estas investigaciones, a finales del siglo XVIII se concluyó que nuestro inmediato Universo estelar se extendía en un espacio en forma de disco, la Galaxia, más allá del cual, las estrellas, de existir, eran pocas y aisladas.

Un Universo en expansión Tras haberse llegado a la conclusión de que el

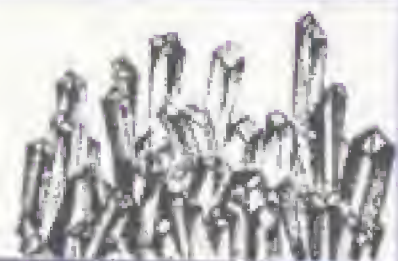
El Universo es el conjunto más grande que conocemos (10^{29} cm); contiene billones de galaxias y tiene una masa total de 10^{54} gramos

Cúmulo galáctico: puede llegar a contener varios miles de galaxias; su diámetro puede alcanzar 10^{25} cm y su masa se aproxima a los 10^{47} gramos

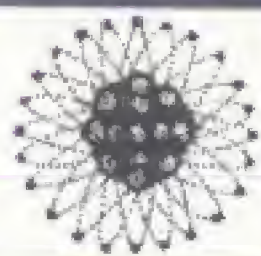
Galaxia: agrupación estelar que puede reunir entre 10 y 100 billones de estrellas. Puede alcanzar un diámetro de 10^{23} cm y una masa de 10^{44} gramos

Estrella: es un agregado de átomos y partículas. Una estrella como el Sol puede contener hasta 10^{57} átomos y su masa ser de 10^{33} gramos

Sólido: es un agregado de átomos. Un elemento sólido de sólo 1 cm puede contener 10^{24} (1 millón de billones de billones) átomos



Átomo: está formado por un núcleo central en torno al cual están los electrones. Su diámetro es cien mil veces mayor que el del núcleo donde se condensa toda la masa



Núcleo: constituye la parte central y másica de los átomos. Puede albergar desde uno hasta 300 bariones



Bariones: son las distintas partículas que forman el núcleo del átomo. Miden hasta 10^{-14} cm y tienen una masa de 10^{-24} gramos



Quark: es, probablemente, la unidad fundamental que constituye la estructura interna de las partículas elementales



Planeta: agregado de átomos en estado sólido, líquido o gaseoso. Puede contener 10^{51} átomos, tener una masa de 10^{27} g y medir 10^8 centímetros



La Tierra es sólo un miembro de un sistema planetario que gira en torno al Sol, una simple estrella que, junto con otros billones de estrellas, constituye un sistema llamado Vía Láctea. Esta última es, a su vez, una simple galaxia entre los millares de billones de galaxias que se extienden hasta los confines del Universo observable; algunas son tan lejanas que su luz emplea miles de millones de años para poder llegar hasta nosotros. El Universo observable se extiende a lo largo de casi un millar de billones de billones de kilómetros. Alternando con estas inimaginables cifras que intentan acotar nuestro Universo, nos encontramos con unidades materiales superpequeñas, las llamadas partículas elementales, cuyo diámetro es de sólo 10^{-14} cm y su masa de 10^{-24} gramos: son los bariones, que comprenden los protones, neutrones y un numeroso grupo de nuevas partículas elementales de reciente descubrimiento (Λ , Σ , Ξ).

Sol, junto con su sistema planetario, estaba inmerso en el interior de un enorme disco galáctico, al igual que otros varios billones de estrellas, la observación astronómica comenzó a extenderse más allá de los confines de éste, llegándose a intuir la presencia de nebulosas de estrellas que, por su aspecto circular o elíptico, bien podrían ser consideradas como nuevas y lejanas galaxias muy similares a la nuestra. La confirmación de esta teoría no tuvo lugar hasta los años veinte de nuestro siglo, cuando se pudo demostrar que, efectivamente, estos cuerpos celestes estaban fuera de nuestra Galaxia y que, como se había sospechado, constituían galaxias independientes, aunque por su forma y dimensiones, no fuesen exactamente iguales entre ellas.

También a principios de nuestro siglo se comenzaron a realizar los primeros intentos de evaluar, lo más correctamente posible, la masa del Universo. Comenzó a confirmarse la hipótesis de que la materia que lo constituía no sólo se encontraba en los astros y acumulaciones estelares observables, sino que una gran parte de ella resultaba difícil de ser detectada por encontrarse dispersa entre la inmensidad del espacio intergaláctico que, por lo tanto, no se encontraba tan vacío como se había supuesto en un principio. Se descubrió que dicha materia interestelar se presentaba en forma de polvo y de gas, fundamentalmente hidrógeno.

Abajo, un modelo bidimensional demostrativo de la expansión del Universo. El espacio puede ser comparado con la superficie de un globo que se dilata al hincharse. Para facilitar la

comprensión de este fenómeno, supongamos que las galaxias están distribuidas de forma regular sobre la superficie, por ejemplo, según los meridianos y paralelos del globo. Esto permite confirmar

También durante los años veinte se tuvo constancia de que las galaxias no eran agrupaciones estáticas, sino que se movían, incluso a velocidades prodigiosas. Curiosamente, se pudo observar, haciendo uso del conocido efecto Doppler, que la radiación electromagnética procedente de todas las galaxias estudiadas presentaba un notable desplazamiento hacia el rojo en sus líneas espectrales, lo que implicaba que todas las galaxias se alejaban uniformemente de nosotros. Se comprobó que, además, sus velocidades de recesión eran tanto mayores cuanto mayor era la distancia a que se encontraban. Este fenómeno suponía que el Universo estaba en expansión, es decir, se dilataba uniformemente hacia el espacio exterior. Las implicaciones y consecuencias eran fantásticas. Primeramente, resultaba evidente que si el Universo se expandía uniformemente, en un momento determinado tenía que haber existido un estado inicial, o estado cero, de concentración superdensa, donde toda la materia del Universo hubiese estado unida y ocupando un espacio, incluso, reducidísimo. Ante esta evidente expansión de la materia, y considerando que las galaxias son cuerpos dotados de enorme masa y, por lo tanto, con intensas fuerzas de interacción gravitacional entre ellas, caben dos opciones: que estas fuerzas sean capaces de contrarrestar, a la larga, la inercia expansiva del Universo material, en cuyo caso, la dilata-

cómo, al hincharse el globo y dilatarse la superficie, la distribución relativa de sus posiciones se mantiene inalterada, de forma que sólo varía la distancia entre ellas. Supongamos un observador situado en

una "galaxia" cualquiera de la superficie del globo: al hincharse éste, el observador vería cómo las "galaxias" vecinas se alejan de él, aunque sus direcciones se mantengan invariables.

ción se detendría en un momento determinado, y la materia volvería a recuperar su tendencia a reagruparse; o que, por el contrario, como plantea la segunda opción, exista la posibilidad de que las fuerzas gravitacionales no puedan anular la recesión, lo que implicaría que el Universo material seguiría expandiéndose eternamente hacia el infinito.

Si se conociesen las masas de las galaxias, su distancia media y sus velocidades de recesión actual, no resultaría muy difícil calcular si la expansión se detendría, o bien si se prolongaría eternamente. Sin embargo, el verdadero obstáculo que nos impide este cálculo reside en la dificultad de determinar con precisión la masa del Universo material. Siempre hemos supuesto que la materia que integra el Uni-



verso está concentrada fundamentalmente en las galaxias. Sin embargo, unas recientes, aunque toscas, observaciones nos han deparado una gran sorpresa: en efecto, a partir de una deceleración observada en la velocidad de recesión, se calculó, haciendo uso del aparato matemático y de los principios que rigen la Teoría de la Relatividad, la masa que tendría que tener el Universo para poder justificar esta deceleración. Asombrosamente, se llegó a la conclusión de que la masa total del Universo es casi cien veces superior a la que se estima como la masa total del conjunto de galaxias; es decir, una inmensa parte de la masa del Universo se encuentra fuera de las galaxias, dispersa en forma de polvo y gas en la inmensidad de los espacios interestelares.

El Universo: asociación de espacio, tiempo, energía y materia Durante los años treinta y cuarenta se descubrió que las galaxias presentaban una tendencia a reagruparse en cúmulos galácticos, complejos estelares absolutamente grandiosos. En la década de los sesenta se pudo observar cómo, a su vez, estos cúmulos se agrupaban formando supercúmulos galácticos; cúmulos y supercúmulos se distribuyen de manera bastante uniforme en el Universo.

Con los más modernos telescopios se observan galaxias a muchos billones de años-luz de distancia; se pueden observar, incluso, algunos quasares situados a una distancia de 20 millones de años-luz. El estudio de cúmulos y supercúmulos galácticos ha revelado la existencia, en el inte-

rior y en las zonas periféricas de muchos de ellos, de más materia de la que se puede estimar a través del análisis de su espectro. Recientes observaciones llevadas a cabo en la banda de los rayos X han permitido descubrir que algunos cúmulos galácticos están inmersos en materia no visible y responsable de la emisión de radiación X; esta materia es lo suficientemente densa como para mantener la cohesión de los diversos componentes del cúmulo; si se pudiese comprobar que esto sucede en todos los cúmulos del Universo, entonces éste sería mucho más denso de lo que aparenta, y, de acuerdo con los cálculos, sería capaz de iniciar su proceso de contracción tras detener su actual expansión. Los cúmulos galácticos, según se deduce de las investigaciones más recientes realizadas en los años ochenta, albergan en su periferia, aparentemente vacía y desprovista de estrellas, la mayor parte de su masa.

La Teoría de la Relatividad ha sido un instrumento valioso y de gran ayuda en la comprensión de la evolución del Universo, de su estructura, de su origen y de los posibles aspectos que mostrará en un futuro. También la física fundamental ha permitido conocer los distintos estados en los que se encuentra o pudo encontrarse en sus orígenes la materia. Parece ser que ahora es cuando se comienza a intuir la verdadera naturaleza del Universo: el espacio concebido como una construcción geométrica asociada al tiempo y condicionada a la distribución de la materia que contiene. Espacio, tiempo y materia dejan de ser conceptos absolutos e independientes para constituir un conjunto armónico donde el origen de uno está asociado al de los otros.

¿Qué sentido tiene hablar sobre lo que podía haber existido antes del origen del Universo, cuando éste no sólo constituyó el origen de la materia o de la energía sino también del tiempo y del espacio? No tiene sentido imaginar estructuras espaciales o escalas temporales cuando no hay "nada" que las determine. De la misma manera ¿qué sentido tiene preguntarse qué hay "fuera" del espacio del Universo (que la Teoría de la Relatividad considera ilimitado y finito) cuando "fuera" del espacio no hay espacio?

En conclusión, aunque nuestros conocimientos del Universo y de sus leyes sean más avanzados y parezcan mucho más sofisticados que los de nuestros antepasados, la verdad es que nuestro desconocimiento sigue siendo aún enorme y todavía estamos muy lejos de poder ofrecer una perspectiva acabada de su origen, historia y evolución.

Véase Agujero negro; Astrofísica; Astronomía; Astronomía para aficionados; Cartografía celeste; Cosmología; Cúmulos estelares; Efecto Doppler; Espectro estelar; Estrella; Galaxia; Mecánica celeste; Nebulosa; Planetario; Planetas; Sistema solar; Universo, expansión del; Universo, origen del



Universo, expansión del

Un observador en reposo que contemplase el paso de un tren desde una estación distinguiría un curioso fenómeno que acompaña y altera la recepción del sonido producido por el silbato de éste; en efecto, cuando el tren se aproxima, el sonido del silbato es más agudo que cuando pasa por delante de él, y, según se aleja, el sonido se va haciendo más grave. Es evidente que, de alguna manera, el sentido y la velocidad del movimiento de una fuente sonora influyen visiblemente sobre la recepción de los sonidos por parte de un observador que no se desplace con aquélla. Este fenómeno se conoce por el nombre de efecto Doppler y permite explicar y medir cómo la velocidad relativa de una fuente emisora actúa sobre la longitud de la onda emitida. Cuando el tren se acerca al observador, tiene lugar una compresión en las ondas sonoras del silbato, de forma que su longitud de onda se acorta o, lo que es equivalente, su frecuencia aumenta. Al alejarse el tren, por el contrario, se produce el fenómeno inverso, y la distancia entre los frentes de onda (y, por tanto, la longitud) se alarga como consecuencia del movimiento de fuga del tren, lo que hace que la frecuencia disminuya. Las ondas sonoras de pequeña longitud de onda, o alta frecuencia, tienen un tono más alto y agudo que las de longitud de onda larga, o baja frecuencia, lo que ex-

plica la diferencia de tonalidad percibida por nuestro observador.

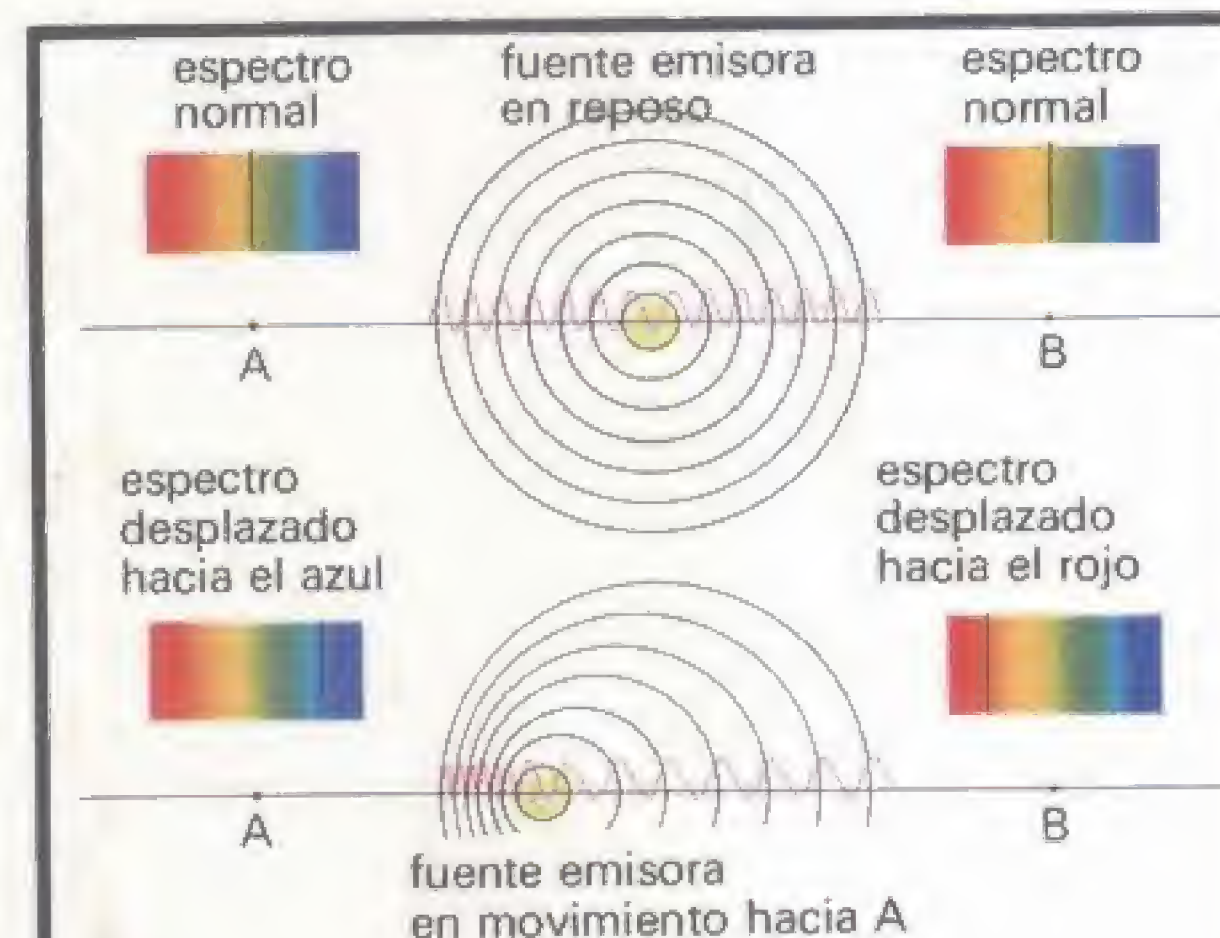
Pero el efecto Doppler no es un fenómeno exclusivo de las ondas sonoras sino que actúa invariablemente sobre todo tipo de radiación electromagnética.

En el espectro de la luz visible, la radiación violeta tiene una longitud de onda mucho más corta que la roja, por lo tanto, y de acuerdo con el efecto Doppler, si un objeto luminoso se acercase hacia nosotros a gran velocidad, su luz aparecería más violeta, es decir, las líneas de su espectro mostrarían un ligero desplazamiento hacia una zona de menor longitud de onda. Si, por el contrario, el objeto luminoso se alejase de nosotros, observaríamos que su luz tiende a hacerse más anaranjada y rojiza, lo que significa que su espectro ha experimentado un desplazamiento hacia el rojo.

Hacia los años 30, los astrónomos descubrieron que la luz procedente de las lejanas galaxias era más roja de lo que teóricamente debería ser. Esto no sólo ocurría con la luz visible sino que afectaba también a toda la radiación emitida. Así, determinadas líneas espectrales, correspondientes a transiciones electrónicas muy específicas y cuyas longitudes de onda tienen un valor universal, aparecían también ligeramente desplazadas en el espectro de absorción de estrellas y ga-

laxias. Este fenómeno es conocido como *red shift* o corrimiento hacia el rojo, e indica, según la teoría del efecto Doppler, que estas galaxias se están alejando de nosotros a grandes velocidades y en todas las direcciones. Esto sólo podía ser interpretado de una manera: el Universo material parecía estar comprometido en un gigantesco proceso de expansión.

La Ley de Hubble En 1929, el astrónomo americano Edwin Hubble hizo un sorprendente descubrimiento: estableció una relación entre la velocidad de recesión de las galaxias y su distancia a nosotros. Hubble había observado que cuanto mayor era la distancia a que se encontraba una galaxia, mayor era el corrimiento hacia el rojo de las líneas y bandas de su espectro. Basándose en la validez experimental del efecto Doppler, dedujo que cuanto más alejada de nosotros se encontraba una galaxia, mayor era su velocidad de recesión. Además, conociendo la amplitud del desplazamiento, resultaba posible deducir el valor aproximado de dicha velocidad; la relación entre esta última y la distancia estimada de la galaxia emisora en cuestión permitía obtener un dato —la constante de Hubble— que establecía un factor de proporcionalidad entre ambas magnitudes. Se había hallado un procedimiento indirecto (el análisis espectral de



Nuestros conocimientos sobre la expansión del Universo son resultado de las medidas sobre velocidad de recesión de las galaxias, obtenidas, a su vez, mediante análisis espectrales de sus radiaciones. Arriba, podemos observar el campo de ondas creado por una fuente emisora en reposo; el frente de ondas se propaga en el espacio según superficies esféricas concéntricas. Si dos observadores A y B, en reposo respecto a la fuente emisora, analizasen el espectro de la radiación emitida por ésta, comprobarían que es el mismo para ambos. Observamos ahora (abajo) el segundo caso en el que la fuente emisora ya no está fija sino que se mueve hacia el punto A. Un observador situado en este punto comprobaría cómo las líneas y bandas del espectro experimentan un ligero desplazamiento hacia la zona azul: esto es consecuencia de la visible compresión de los frentes de onda, que se traduce en un aumento de la frecuencia. Por el contrario, el observador en B comprobaría que las líneas del espectro se desplazan hacia el rojo, es decir, hacia la zona del espectro visible con mayor longitud de onda; esto se debe al distanciamiento que el movimiento de la fuente emisora induce entre los frentes de ondas, que se traduce en un descenso de la frecuencia.

sus radiaciones) para calcular las distancias de las galaxias y estrellas lejanas.

Mientras que el principio en que se basa la Ley de Hubble ha permanecido inalterado hasta nuestros días, el valor de la constante ha tenido que ser repetidamente rectificado, a fin de actualizarlo en relación con las cada vez más precisas estimaciones sobre distancias estelares.

Podemos determinar, aproximadamente, los valores entre los que oscila la constante de Hubble, si tenemos en cuenta que una galaxia situada a una distancia de 1 megaparsec ($3,084 \times 10^{19}$ km = 3,26 millones de años-luz) se aleja de nosotros a una velocidad comprendida entre 50 y 100 km por segundo; de igual manera, otra galaxia situada a 5 Mpc se alejará con una velocidad entre 250 y 500 km por segundo. El conocimiento de esta constante, junto con el valor de la velocidad de recesión de una galaxia (calculado a partir de su *red shift*), nos permite estimar la distancia a que se encuentra de nosotros. Esta relación, conocida como Ley de Hubble, se expresa mediante la ecuación $d=Hv$, donde d es la distancia, v es la velocidad y H es la constante de Hubble.

Expansión isótropa y homogénea El movimiento de recesión observado en las lejanas galaxias sugiere que el Universo se encuentra en un proceso de expansión

que, además, parece ser isótropo (es decir, igual en todas las direcciones) y homogéneo (lo que significa que la expansión es la misma sea cual sea el punto del Universo desde el cual la consideremos). Una imagen que puede servirnos de analogía para la comprensión de este fenómeno es la de un globo en cuya superficie hemos dibujado una serie de puntos, que imaginaremos galaxias de nuestro Universo. A medida que el globo se hincha, los puntos tienden a alejarse unos de otros con la misma velocidad.

La evidencia de la expansión constituyó el punto de partida para la llamada teoría del *Big Bang* (gran explosión) sobre el origen del Universo. Se pensó que si todas las galaxias estaban, aparentemente, alejándose unas de otras, tendría que haber existido un tiempo pasado en que todas ellas hubiesen estado juntas en algún punto del espacio, dando lugar a un agregado material hiperdenso y rarificado que constituiría el estado cero de nuestro Universo. Es decir, en un cierto momento, toda la materia del Universo estuvo concentrada en una especie de átomo primordial de densidad prácticamente infinita. Fue la explosión de este concentrado material lo que provocó la expansión, que aún hoy podemos observar, de materia hacia el espacio. Utilizando la constante de Hubble y extrapolando hacia atrás en

nuestra escala de tiempo, los científicos calcularon que el *big bang* tuvo lugar hace unos 15.000 ó 20.000 millones de años. Esta, por tanto, sería la edad de nuestro Universo.

Sin embargo, también son muchos los científicos que hoy en día plantean serias objeciones a este modelo cosmológico del Universo: entre ellas figuran los *quasares* (objetos cuasi estelares emisores de una intensa radiación de ondas de radio) que, en consonancia con las enormes distancias a las que se encuentran, tendrían que tener velocidades de recesión próximas a la de la luz. Este hecho, según algunos científicos, pondría en duda la interpretación del desplazamiento hacia el rojo como una consecuencia de la velocidad, ya que resulta del todo imposible pensar que puedan existir cuerpos sólidos que se muevan a velocidades próximas a la de la luz (según una restricción impuesta por la Teoría de la Relatividad).

No obstante, hoy por hoy, no parece existir una mejor interpretación del fenómeno del *red shift* que la que ofrece la teoría del *Big Bang*, y la mayoría de los astrónomos piensa que el Universo se encuentra, efectivamente, sumido en un claro proceso de expansión.

Véase **Cosmología; Efecto Doppler; Universo; Universo, origen del**

En la página anterior, las galaxias se han representado como puntos en la superficie esférica de un globo: mientras que una se encuentra aparentemente en reposo, las otras parecen alejarse de ella con velocidades proporcionales a sus respectivas distancias. Este desplazamiento es consecuencia de la dilatación que sufre la superficie del globo al ser hinchado y, por lo tanto, la elección de un punto (o "galaxia") fijo como sistema de referencia que sirva para mostrar el alejamiento relativo de los demás es indiferente y arbitraria. A la derecha se destacan tres fases sucesivas de la dilatación que sufriría una determinada zona de un universo esférico en expansión isótropa y homogénea. Podemos comprobar que, en este tipo de expansión, las distancias relativas entre las cuatro "galaxias" contenidas en la zona aumentan progresivamente, mientras que, por el contrario, sus posiciones relativas, es decir, el diseño que configuran, permanece invariable en el tiempo.



Universo, origen del

Es una pregunta sencilla de formular y, sin embargo, es la más compleja que ningún ser humano se haya hecho nunca: ¿cuál es el origen del Universo? Este enigma ha perseguido al ser humano a lo largo de toda su historia, suscitando una enorme curiosidad: desde el *homo sapiens*, que miraba estupefacto la inmensidad del cielo estrellado, hasta los modernos astrónomos, sentados en las consolas de sus potentes radiotelescopios en su afán por interpretar y captar algún sentido en los sonidos que nos llegan desde las profundidades del espacio exterior. Es una pregunta que, si alguna vez puede ser

contestada, conllevará enormes consecuencias y profundas transformaciones en la sociedad humana.

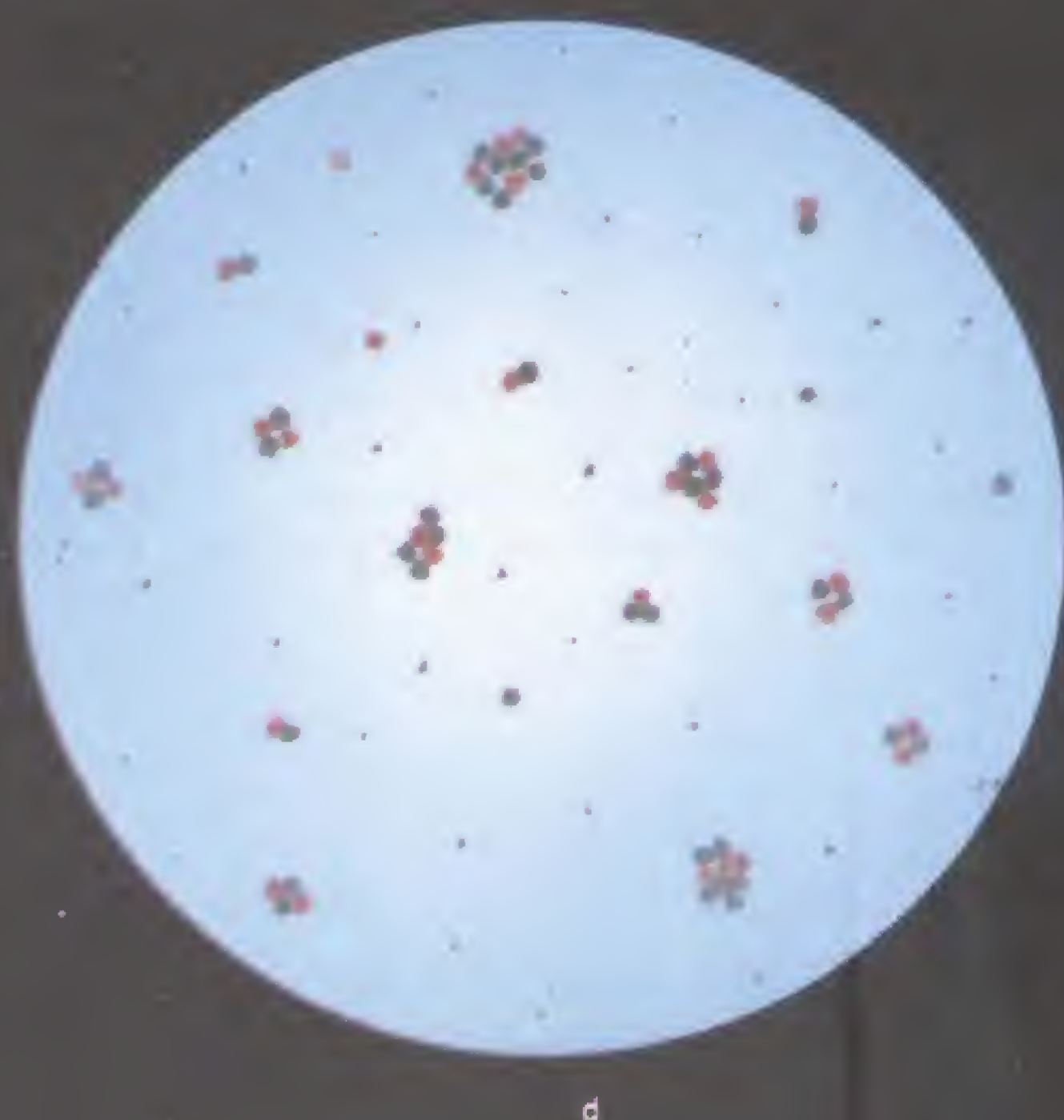
Cosmología En un principio, la rama de la Astronomía que trataba sobre el estudio del origen del Universo era conocida con el nombre de *Cosmogonía*. Actualmente, sin embargo, este término se utiliza raramente ya que, en su amplitud, comprende diferentes especialidades, como son la Astrofísica (que se dedica al estudio del origen, evolución y edad de los planetas, estrellas y sistemas estelares) y la Cosmología (que estudia el Universo en

su conjunto). La Cosmología es, dentro del campo de la Astronomía, la especialidad más polémica, en el sentido de que, al tratar temas tan globales y trascendentales como el origen y la evolución del Universo, suscita profundas discusiones y debates que suelen dividir a los cosmólogos en diferentes escuelas o líneas de pensamiento. Lo que una vez fue objeto de discusión entre teólogos y filósofos, lo es hoy de los astrónomos. La más reciente oleada de controversias surgió como consecuencia de la polémica levantada por los descubrimientos de Edwin Hubble, según los cuales, las galaxias parecen alejarse de

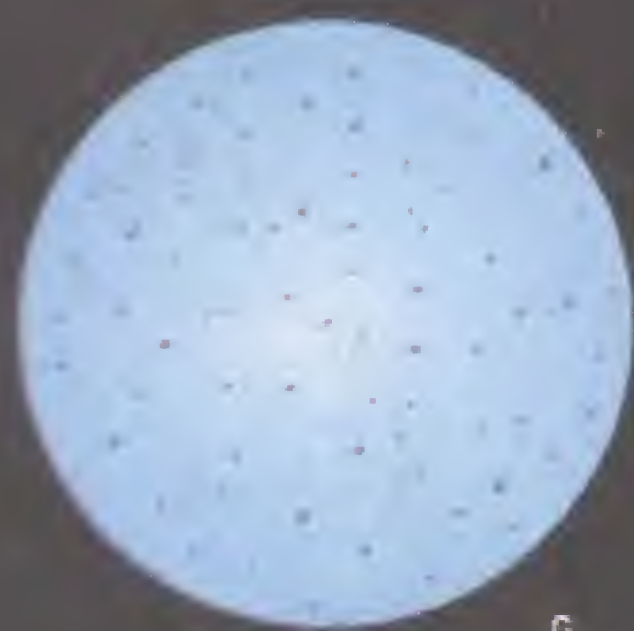
Arriba, diagrama de la abundancia de los elementos en el cosmos. Se puede apreciar cómo a partir de la izquierda, que es la zona correspondiente a los elementos ligeros, se produce una progresiva disminución a medida que nos desplazamos hacia la derecha, es decir, en el sentido en que aumenta el número atómico. Esto es fácil de comprender

si tenemos en cuenta que el origen y formación de los elementos más pesados tiene lugar a partir del hidrógeno y mediante las reacciones de fusión termonuclear que tienen lugar en los interiores estelares. Existe, sin embargo, una anomalía: la excesiva abundancia de helio, que no puede haber sido sintetizado en las estrellas, a partir del hidrógeno, en el

tiempo de vida estimado del Universo. A la izquierda se recogen los primeros instantes de la formación del Universo: en a) existe solamente energía en forma de fotones; en b) aparecen las primeras partículas, en c) los protones y en d) los núcleos de helio; en e) se forman los átomos y el Universo evoluciona hacia sus formas conocidas (f).



d



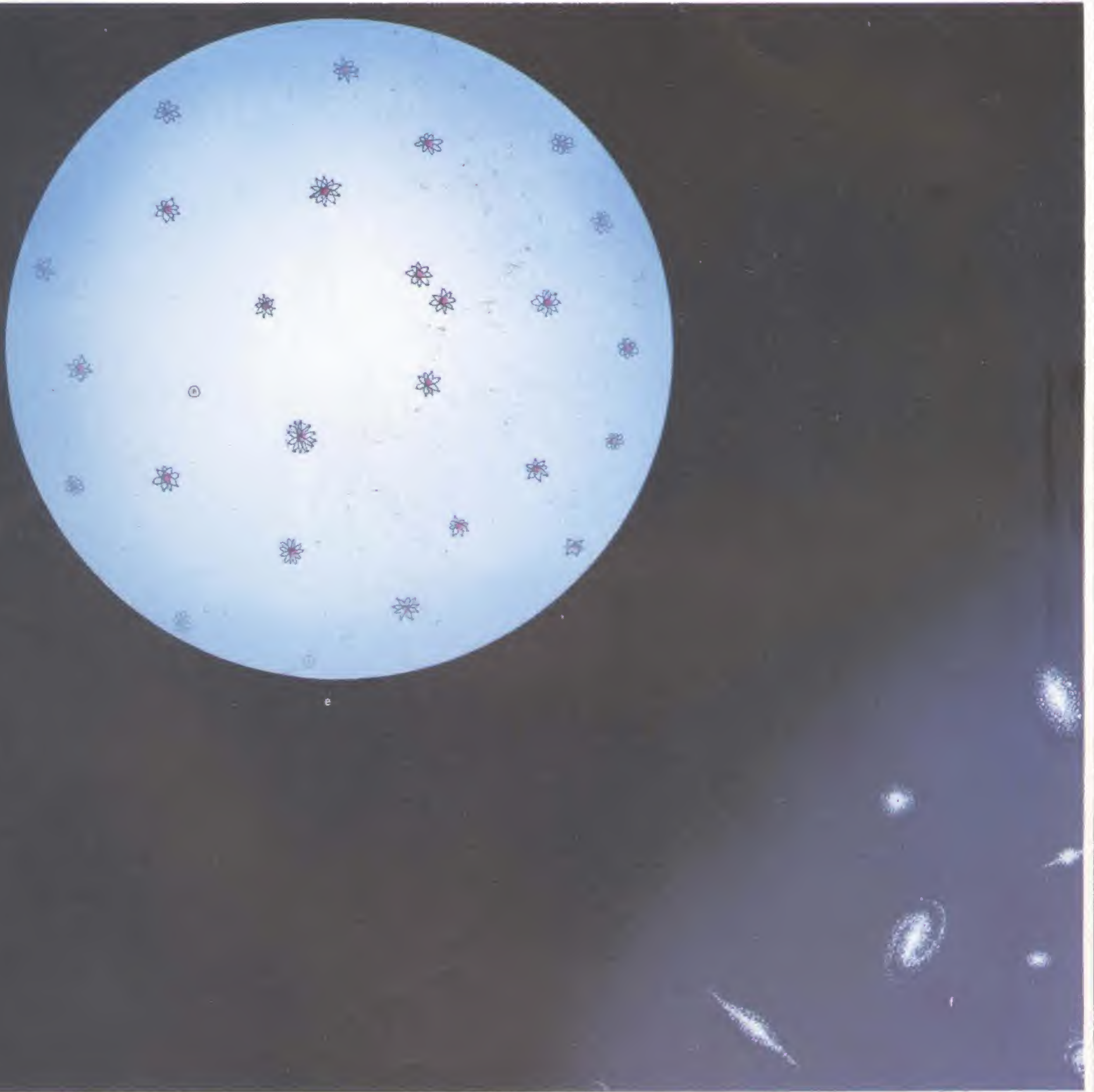
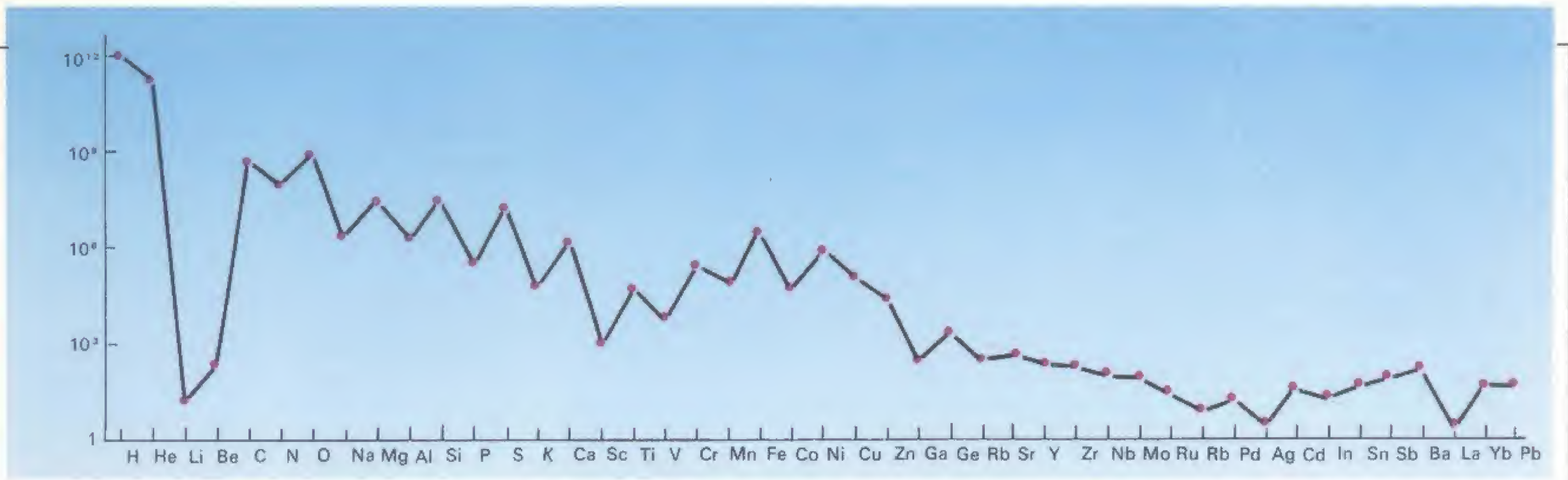
c

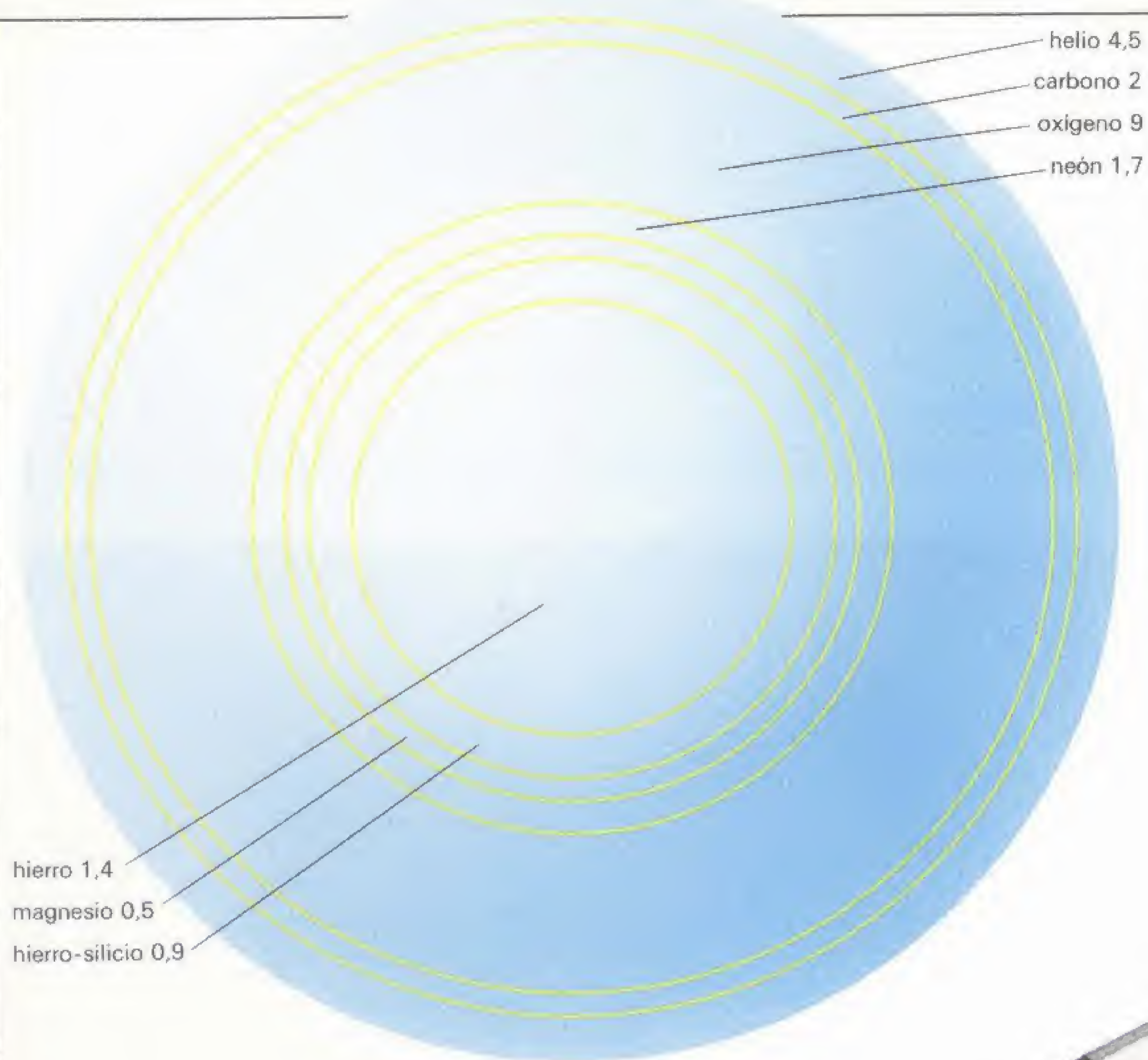


b



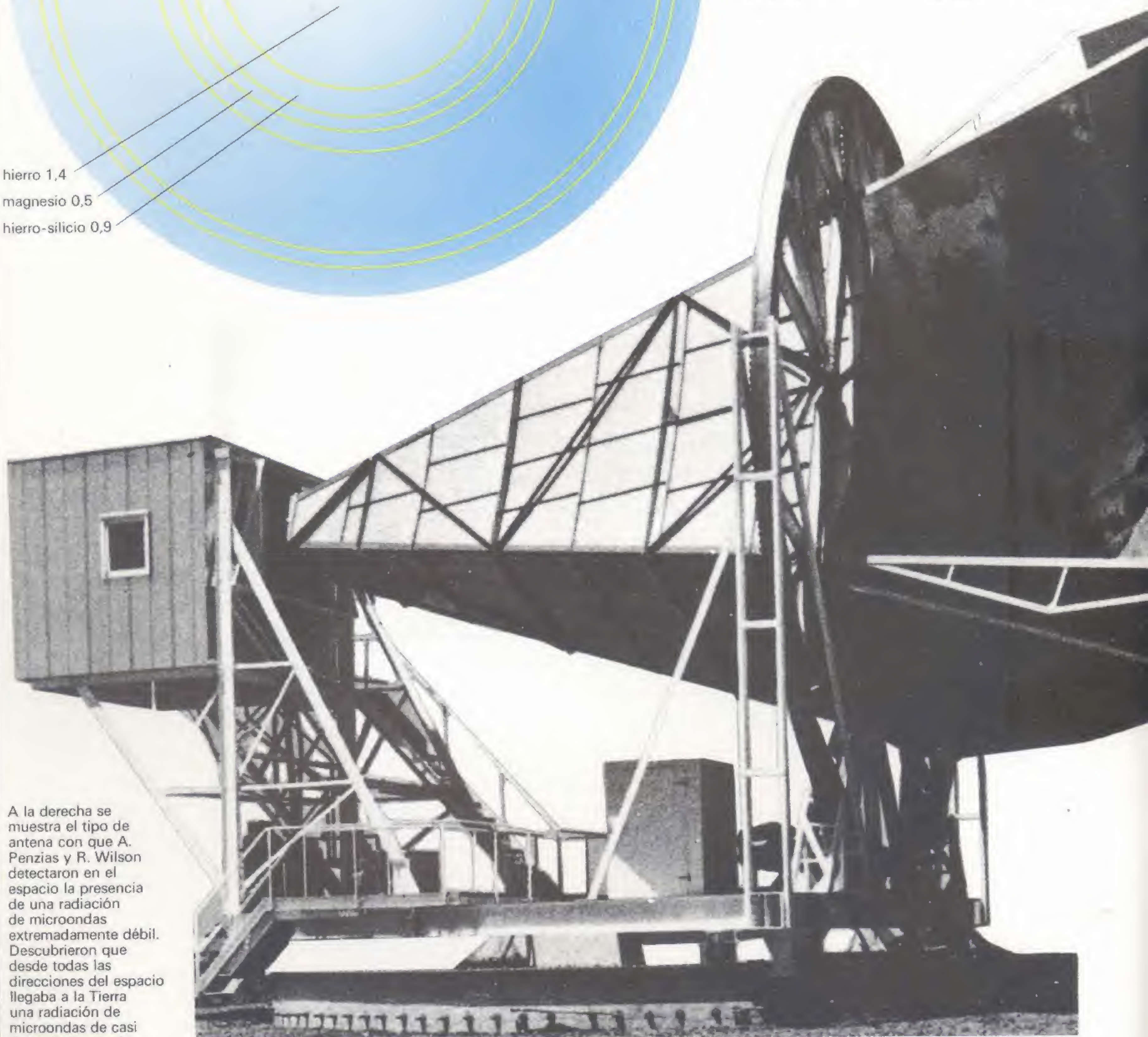
a



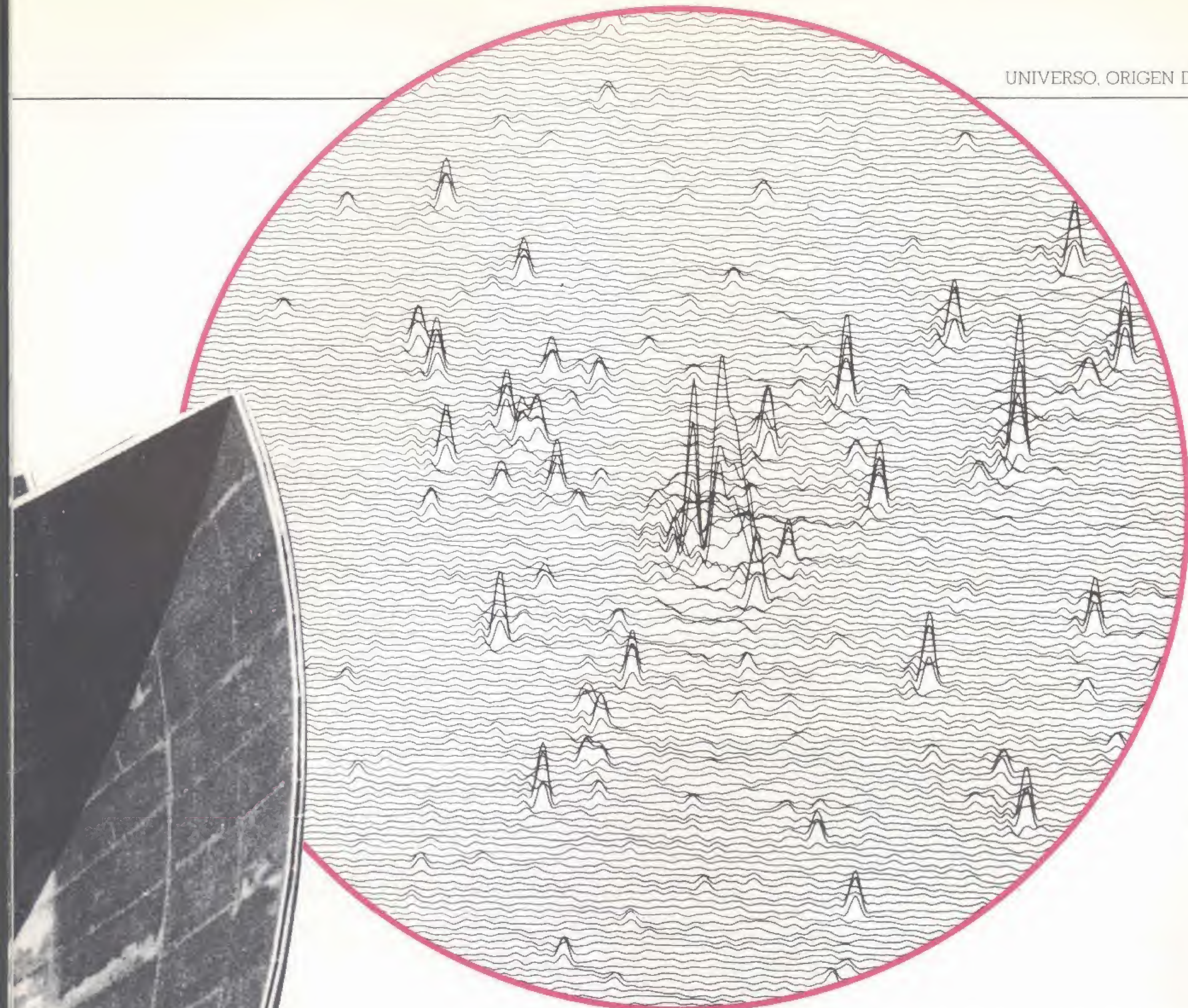


A la izquierda, un hipotético corte seccional de una supernova en explosión. El colapso del interior estelar y la expansión de las capas más externas van acompañados de un brusco aumento de la temperatura. En el núcleo estelar, el colapso conlleva un notable aumento de la densidad y se hacen posibles las reacciones de fusión termonuclear, en las que se forma oxígeno, magnesio, calcio, e incluso hierro. En la corona estelar en expansión, el

hidrógeno se fusiona dando lugar a helio. Las supernovas explican la presencia de átomos pesados en el espacio, pero no sucede lo mismo cuando se trata de aclarar la enorme abundancia de helio. La presencia en proporciones tan anómalas de este último sólo puede ser justificada si partimos de la hipótesis de que el Universo, desde su principio, fue muy caliente y denso, lo que habría permitido una precipitada fusión inicial del hidrógeno en helio.



A la derecha se muestra el tipo de antena con que A. Penzias y R. Wilson detectaron en el espacio la presencia de una radiación de microondas extremadamente débil. Descubrieron que desde todas las direcciones del espacio llegaba a la Tierra una radiación de microondas de casi 7 cm de longitud, el tipo de radiación muy débil que emitiría un cuerpo negro a una



Arriba, esquema gráfico en el que se representa la disposición e intensidad de las radiofuentes (desde las que se emite un flujo permanente de ondas de radio) descubiertas en el espacio gracias a los grandes radiotelescopios y a los sistemas en cadena de

radioondas, con las cuales se puede obtener una gran sensibilidad y un alto poder de resolución. La mayoría de estos radiopuntos corresponde a cuasares o radiogalaxias, cuya emisión es tan intensa que puede recorrer enormes distancias. Según esto, descubrir

que los objetos débiles y relativamente alejados son muy numerosos, indica que tal era su estado poco después del origen del Universo. Si, por el contrario, los más alejados son de diferente tipo que los más próximos, esto hace pensar que, probablemente, representen un estado

más primitivo y que, con el tiempo, evolucionen hacia formas similares a las que muestran los más cercanos. Así, con gran esfuerzo y dedicación, se intenta reconstruir la historia y evolución del Universo, con el afán de desvelar los grandes misterios sobre su origen.

→ temperatura de sólo 2,7 grados Kelvin, es decir, de aproximadamente -270°C . Este dato dio un gran impulso a la hipótesis de Gamow, según la cual todo empezó con la gran explosión o *big bang* de un gigantesco átomo primordial, donde se hallaba concentrada toda la materia del cosmos. En efecto, si se supone que en el principio del tiempo toda la materia del Universo estaba concentrada y

supercomprimida, existirían las condiciones para la producción de helio en grandes proporciones, respecto al que se haya podido producir posteriormente en los procesos de síntesis estelar. Además, la materia supercaliente tuvo que estar impregnada de una radiación que, a medida que el Universo se expandía, se fue transformando en la radiación de fondo que actualmente se detecta.

nosotros a enormes velocidades; además, cuanto más alejadas se encuentran, mayor aparenta ser su velocidad de fuga. Este descubrimiento significaba la concepción de un Universo en expansión, en el cual las galaxias se alejan unas de otras. Esta teoría no ha encontrado, por el momento, refutaciones suficientemente consistentes, por lo que sigue sirviendo de base a casi todas las teorías científicas existentes sobre el origen y evolución del Universo.

El Big Bang Numerosos científicos prominentes del siglo XX, como George Gamow, en su intento de componer el rompecabezas de la evolución del Univer-

so, levantaron los cimientos de sus nuevas cosmologías sobre el hecho irrefutable de la expansión. Sin embargo, algo resultaba evidente si se aceptaba esta teoría como hipótesis de partida: en efecto, si las galaxias se alejan rápidamente unas de otras, es de suponer que, en un momento determinado del pasado lejano, éstas se hallaron concentradas en un determinado punto. En otras palabras, tuvo que existir un momento del pasado (tiempo cero) en que toda la masa y la energía del Universo formaban un gran bloque

Mediante cálculos de las distancias y de las velocidades de recesión de las galaxias, estos astrónomos invirtieron, imagi-

nariamente, el sentido del proceso de expansión, es decir, como si se tratase de una película, proyectaron marcha atrás la supuesta evolución del Universo. Según la teoría del *Big Bang*, toda la materia del Universo estuvo concentrada en un mismo punto hace 10.000 ó 20.000 millones de años. Gamow sugirió que el estado cero de nuestro Universo fue un gigantesco átomo primordial. A causa de la incalculable fuerza de gravedad que esta masa ejercía sobre sí misma, su densidad habría sido prácticamente infinita y el Universo se habría iniciado con su explosión. Los partidarios de la teoría del *Big Bang* sostienen que la expansión del Universo es debida aún hoy, a la intensidad de aquella enorme explosión inicial.

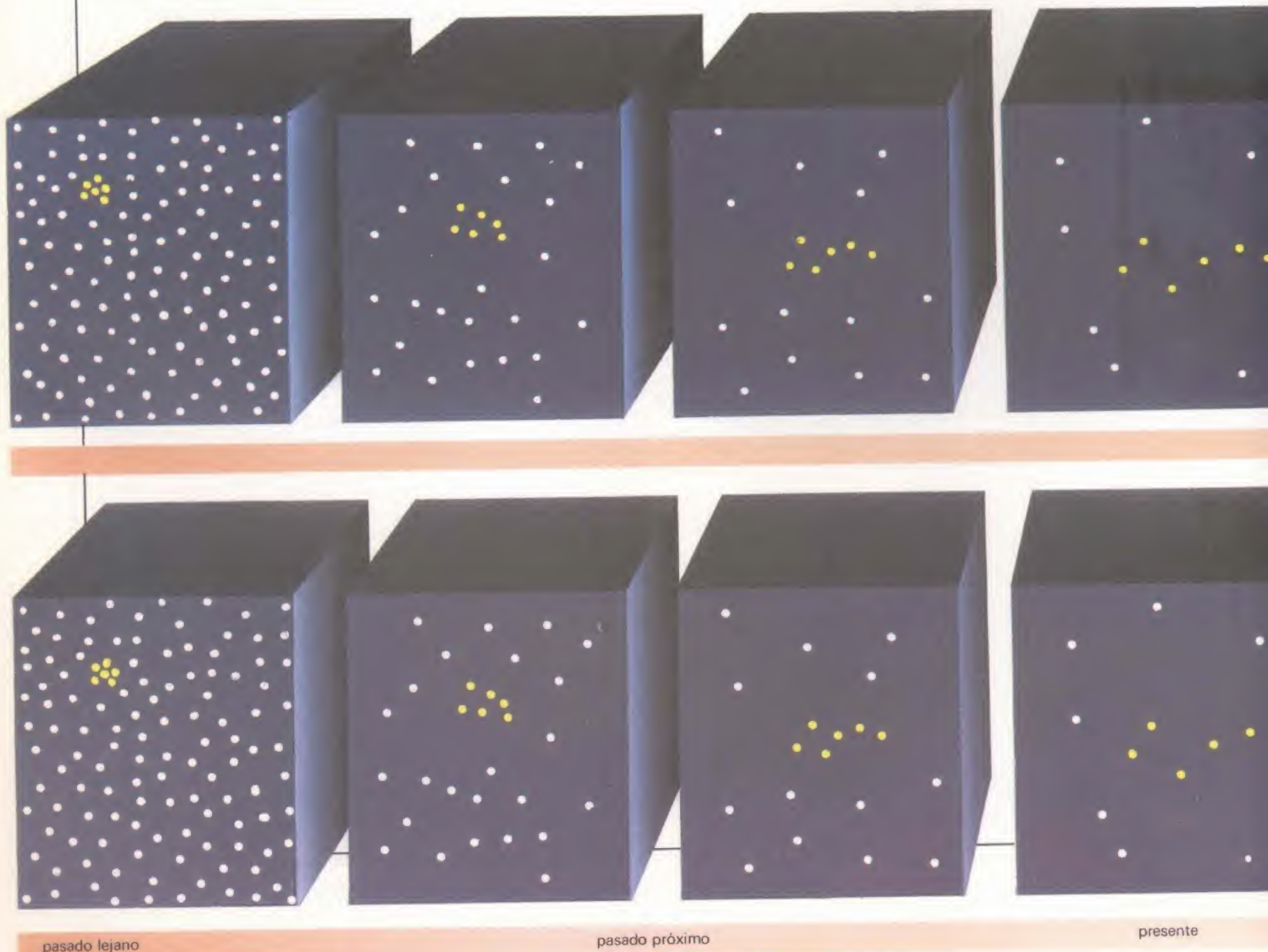
La teoría del estado estacionario Los cálculos sobre la edad, distancia o velocidad de una galaxia pueden llegar a ser muy imprecisos. Fue justamente esta imprecisión la que dio lugar a situaciones del todo imposibles como, por ejemplo, que la Tierra y la Vía Láctea parecieran ser más viejas que el mismo Universo. Discrepancias de este tipo y otros problemas de diversa naturaleza, sirvieron de acicate para que algunos famosos estudiosos

de la Astronomía desarrollasen los principios de la llamada *teoría del estado estacionario*. Según esta teoría, el Universo jamás tuvo un origen y, por lo tanto, siempre ha existido. Los científicos partidarios de esta teoría postularon que en los espacios intergalácticos se estaba formando materia de forma continua y con una rapidez compatible como para compensar el efecto de la expansión. Según esto, el Universo presentaría siempre la misma configuración en el tiempo, ya que tanto su pasado como su futuro serían infinitos.

La teoría del estado estacionario alcanzó su cenit de popularidad hace unos 30 años y, posteriormente, cayó en el olvido. El famoso astrónomo F. Hoyle, que en su tiempo fue un firme partidario de esta teoría, se encontró progresivamente sin argumentos para defenderla. Uno de los motivos que precipitaron la caída de la teoría del estado estacionario fue la elaboración de nuevos cálculos, que confirmaron que la edad del Universo es, como era de esperar, superior a la de la Vía Láctea y a la de la Tierra; sin embargo, el argumento definitivo fue consecuencia de un casual descubrimiento que vino a confirmar la teoría del *Big Bang*. En efecto, dos radioastrónomos, A. Penzias y R. Wilson, descu-

brieron de modo accidental una radiación débil de origen inexplicable pero que, por sus características, podía tratarse de la radiación de fondo isotrópica proveniente del gran estallido inicial o *big bang*. Posteriores investigaciones demostraron que el espectro de esta radiación corresponde al de una cavidad con temperaturas de 2,7 K (0 K —o cero Kelvin— constituye el cero absoluto de temperatura, la temperatura teórica del vacío total). Bastantes años antes de este descubrimiento, Gamow ya había predicho la existencia de dicha radiación de fondo, eco residual de las elevadísimas temperaturas alcanzadas durante el *big bang* en los primeros segundos de la existencia de nuestro Universo. La existencia de esta radiación venía a confirmar la tesis de que, en un tiempo, el Universo fue mucho más caliente y denso que ahora, lo que contradice los principios de la teoría del estado estacionario, según la cual, tanto la densidad como la temperatura del Universo habrían sido siempre las mismas.

Antes del big bang La teoría según la cual el principio del Universo tuvo lugar con la catastrófica explosión de un punto donde se hallaba concentrada toda la



Si las observaciones sobre el estado actual del Universo fueran suficientes como para establecer que éste tuvo su origen en un estado cero muy caliente y superdenso, a partir del cual se inició un enorme proceso de expansión, entonces se plantearía, de forma ineludible, la incertidumbre sobre su porvenir: ¿seguirá expandiéndose eternamente, o, por el contrario, llegará un momento en que la expansión se detendrá? La respuesta depende no sólo de las distancias de las galaxias o de las transformaciones que hayan experimentado las radiaciones isotropas de fondo, sino de la materia real (aunque no sea detectable) del Universo y de su capacidad para influenciar y determinar la geometría del continuo espacio-tiempo a que dé lugar. Las dos

sucesiones bajo estas líneas muestran dos modelos posibles del Universo: arriba, un Universo en perpetua expansión; abajo, un Universo que se expande y que en un cierto punto se detiene e inicia su contracción. En el primero de los casos, la densidad de materia disminuye en un espacio limitado euclídeo, donde la luz se propaga en línea recta. En el segundo caso, las galaxias se aglutinan y el cosmos se comprime mientras que su temperatura aumenta progresivamente; el final consistirá en una velocísima y gigantesca compresión que se conoce como *big crunch*. En los últimos tiempos se ha podido detectar una cierta deceleración, aunque muy débil, en las velocidades de fuga, lo que parece indicar que, en efecto, la expansión tiende a detenerse.

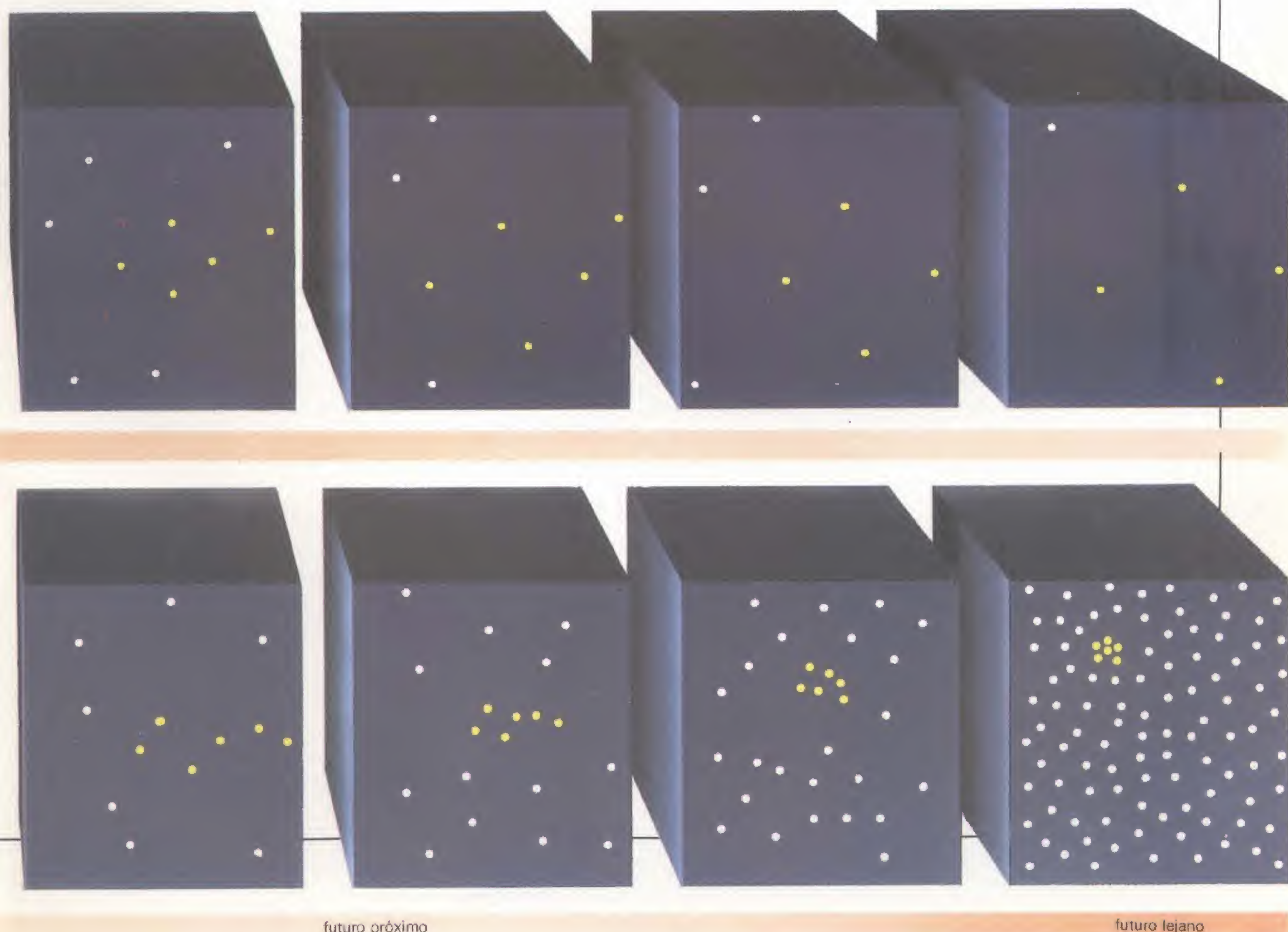
masa del Universo es factible, pero no responde completamente a una sencilla pregunta, que podría ser formulada por cualquier niño: ¿Pero qué es lo que había antes de que se produjese la gran explosión? A lo largo de toda la historia, la respuesta a este interrogante ha supuesto un auténtico dilema para los científicos, la mayoría de los cuales se limitaba a encogerse de hombros, relegando la cuestión a filósofos y teólogos.

Sin embargo, algunos de ellos intentaron aventurarse en la búsqueda de una solución. Prueba de ello lo constituye la hipótesis de un Universo oscilante, teoría sin demostrar pero de gran belleza en sus planteamientos lógicos y científicos. Según esta hipótesis, la expansión actual del Universo iría poco a poco deteniéndose, es decir, las velocidades de recesión observadas en las lejanas galaxias y debidas al gran impulso inicial que les comunicó el *big bang*, irían decreciendo gradualmente. En un momento determinado, las fuerzas de atracción gravitatoria, generadas por toda la masa dispersa en el Universo, serían suficientes como para detener la recesión y dar inicio a un nuevo proceso de condensación estelar. Este proceso se prolongaría hasta que toda la

masa cósmica volviese a estar concentrada en un nuevo estado cero de materia hiperdensa y explotase, nuevamente, dando lugar a otro nuevo ciclo de expansión. La confirmación de esta fascinante teoría depende de que se pueda demostrar que el Universo cuenta con la suficiente materia como para que, en un momento determinado, las fuerzas gravitatorias generadas sean capaces de detener e invertir la expansión.

Como hemos visto, el enigma sobre el origen del Universo permanece aún sin desvelar. Nuestros conocimientos del cosmos siguen siendo muy limitados, y será necesario que pase algún tiempo para que los instrumentos y métodos de observación puedan evolucionar y ampliarlos. Setenta años después, siguen siendo válidas las palabras de Henri Poincaré (*Leçons sur les hypothèses cosmogoniques*, 1913): "...desde hace tiempo, la mente humana se ha impuesto, imperiosamente, el hallar la solución de este problema, incluso, antes de estar madura y capacitada para acometerlo... esto nos ha obligado a imaginar una solución, en vez de esperarla".

Véase **Cosmología; Galaxia; Universo; Universo, expansión, del**



Uranio

NOMBRE	URANIO
SÍMBOLO	U
ETIMOLOGÍA DEL NOMBRE Y DEL SÍMBOLO	del nombre del planeta Urano
N. ATÓMICO	92
PESO ATÓMICO	238,03
ESTADO NATURAL	en los minerales peblenda, uraninita, carnotita
DESCUBRIMIENTO O AISLAMIENTO	M. H. Klaproth (1789)
PRODUCCIÓN	lixiviación del mineral con ácido sulfúrico
P. f. (°C)	1.132
P. eb. (°C)	3.818
PESO ESPECÍFICO O DENSIDAD	19,04 18,11 18,06
COLOR	plata oscuro
ESTADO DE OXIDACIÓN	U^{3+} U^{4+} U^{5+} U^{6+}
ELECTRONEGATIVIDAD (SEGUN L. PAULING)	1,7
PROPIEDADES Y APLICACIONES	elemento de la serie de los actínidos, es la fuente primaria de explosivos nucleares y es empleado en los reactores nucleares.

El uranio, un metal blanco-plata, es uno de los elementos más pesados que se encuentran en la Naturaleza. Reducido a polvo fino, se inflama espontáneamente en presencia del aire, al combinarse sus átomos con los del oxígeno atmosférico. La energía que se libera en esta reacción química es mínima si se compara con las energías que el uranio puede liberar en el transcurso de una reacción nuclear. De hecho, mientras que las reacciones químicas alteran los enlaces entre los átomos, las reacciones nucleares transforman la estructura del mismo átomo.

Estructura atómica Los átomos de uranio, como los de los demás elementos, están formados por pequeñísimas partículas cargadas negativamente —los electrones— que giran en torno a un núcleo mucho más consistente y sólido. Este núcleo está formado por partículas con carga positiva, los protones, y por neutrones, que no tienen carga eléctrica alguna. Todos los átomos de un mismo elemento tienen en su núcleo igual número de protones (que es el número atómico), pero no necesariamente tienen el mismo número de neutrones. En un núcleo, el número total de protones y de neutrones es llamado *número másico* del átomo. Mientras que todos los átomos de uranio tienen de número atómico 92, pueden tener un número másico diferente, que oscila entre 227 y 240; el 99% de los átomos de uranio que se encuentran en la Naturaleza tiene un número másico de 238, siendo la mayor parte de los restantes de número másico 235. Todos los átomos de un elemento químico con el mismo número atómico, pero diferente número másico, se denominan *isótopos* de dicho elemento. En realidad, un elemento está formado generalmente por una mezcla de sus isótopos, entre los cuales uno es preponderante sobre los otros.

La radiactividad Todos los isótopos del uranio son radiactivos. Esto quiere decir que sus átomos son inestables y que de vez en cuando se desintegran espontáneamente, emitiendo a su vez una partícula que puede ser de distintos tipos. El tiempo requerido para que la mitad de los átomos de una sustancia se desintegre, emitiendo las partículas antes indicadas, es conocido con el nombre de *período de semidesintegración* de dicha sustancia. El período de semidesintegración del uranio

El esquema de la izquierda muestra las transformaciones que se verifican en la familia del uranio 238. En las abscisas se representan los números atómicos, es decir, el número de los protones del núcleo de cualquier elemento, mientras que en

las ordenadas se representa el número másico. En cada transformación puede ser emitida una partícula alfa o beta. Se indica también el periodo de semidesintegración o vida media. Abajo, se observa una muestra de pecblenda.





A la izquierda, un diseño que muestra esquemáticamente cuál puede ser la estructura de un átomo de uranio. En el centro está situado el núcleo, constituido por 92 protones y un número de neutrones variable de un isótopo a otro, desde 227 a 240. A los 92 protones del núcleo corresponden 92 electrones dispuestos

en distintas capas alrededor del núcleo, que aparecen bajo forma de envolturas concéntricas. En la realidad, los electrones no están dispuestos en órbitas rígidas, sino que forman más bien una especie de nube electrónica de forma elíptica en torno al núcleo, donde pueden darse distintos niveles de energía.

mento final, no radiactivo y, por tanto, estable: el plomo. Todos los elementos que se generan sucesivamente en este proceso constituyen la denominada *serie del uranio*. Todos los elementos intermedios de la serie poseen un período de semidesintegración relativamente breve, si se compara con la edad de la Tierra. No los podremos encontrar por tanto sobre nuestro planeta a no ser como uranio, que tiene un período de semidesintegración enormemente largo y que continuará produciendo elementos de la serie durante millones de años en el futuro.

El uranio puede también emplearse para "fabricar" otros elementos más pesados, pero esto únicamente sucede en determinadas condiciones. Estos elementos, que no se encuentran en la Naturaleza, se denominan *transuránicos* y se forman bombardeando con neutrones los átomos de uranio. El einstenio y el fermio, que tienen como números atómicos 99 y 100 respectivamente, fueron descubiertos por primera vez entre los residuos de la explosión experimental de una bomba de hidrógeno.

Fisión El uranio 235 tiene una propiedad importante que no presenta el uranio 238: se trata de que se "fisiona" cuando absorbe un neutrón lento. En otras palabras, esto significa que su núcleo se divide en otros dos núcleos, de aproximadamente igual masa. En este proceso, además, son emitidos dos o tres neutrones y una cierta cantidad de energía.

El hecho de que, con la absorción de un neutrón, un núcleo de uranio 235 se divide y emita tres neutrones, proporciona la posibilidad de que tenga lugar una

reacción en cadena. Si una masa de uranio 235 absorbe un neutrón y provoca la fisión de un átomo, los neutrones generados pueden alcanzar otros átomos cercanos y producir otras tantas fisiones que, a su vez, liberarán más neutrones, y así sucesivamente. De esta forma, resulta que una reacción en cadena produce un número cada vez más elevado de neutrones y una cantidad de energía proporcional al número de fisiones.

El uranio 235 es la única sustancia existente en la Naturaleza que se puede fisiónar (el plutonio, que es un elemento fisiónable creado artificialmente, se obtiene mediante el bombardeo con neutrones del uranio 238).

Para poder utilizar el uranio 235 en los reactores o en las bombas nucleares, debe ser, ante todo, separado del uranio 238. Dicha separación requiere un proceso extremadamente difícil de llevar a cabo, debido a que los dos isótopos son químicamente idénticos. Los métodos de separación son, por lo tanto, de extraordinaria importancia para la producción de energía nuclear, y sus detalles son guardados con el máximo secreto por aquellos que los poseen.

Uno de estos métodos se realiza mediante la combinación del uranio con el flúor, formando hexafluoruro de uranio gaseoso. Después, a este gas se le somete a difusión a través de una larga secuencia de filtros, que separan las moléculas que contienen fluoruro de uranio 238 de las que contienen fluoruro de uranio 235, debido a que este último es un poco más ligero y con moléculas algo más pequeñas. Se han empleado otros métodos que utilizan láser y centrifugadoras.

En el año 1939, antes del descubrimiento de la fisión, y por tanto de la energía nuclear, el uranio era empleado como agente colorante para dar a los vidrios y a las cerámicas una coloración amarillo-verdosa. Sucesivamente, su utilización como colorante fue disminuyendo hasta desaparecer. En la actualidad, el uranio tiene una gran importancia estratégica.

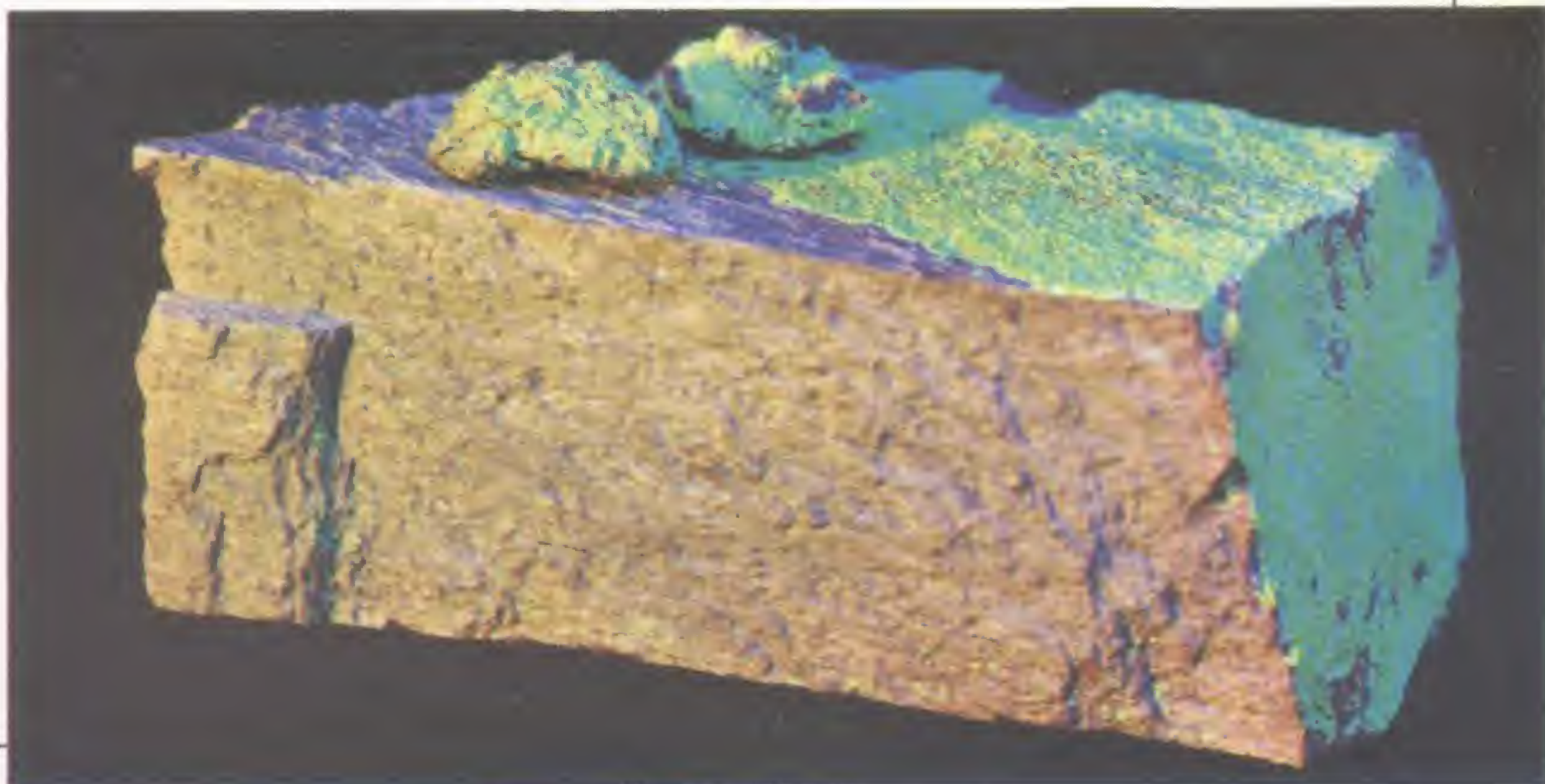
Véase **Bomba atómica; Central nuclear; Combustibles nucleares; Fisión nuclear; Plutonio; Radiactividad; Radioisótopos; Tabla periódica de elementos; Transuránicos, elementos**

Abajo, a la derecha, un mineral de uranio llamado autunita, en el que, además de estar presentes átomos de uranio, existen átomos de calcio y de fósforo, de forma que se puede definir el mineral como un fosfato de calcio y uranio. La autunita es uno de los minerales

más importantes de los yacimientos secundarios del uranio. Otros minerales son los óxidos mixtos de uranio, en los cuales el elemento se encuentra mezclado con hierro, niobio, tántalo y titanio, por citar los más importantes.

238 (que es el isótopo que en su núcleo tiene 92 protones más 146 neutrones, de un total de 238 partículas) es de más de cuatro mil millones de años; y el del uranio 235, de setecientos millones de años.

Serie del uranio y elementos transuránicos Cuando un átomo de uranio 238 se desintegra, emite una partícula alfa que contiene dos protones y dos neutrones. De esta forma, disminuye en dos su número atómico y en cuatro su número másico, transformándose en un átomo de torio. También el torio es radiactivo y rápidamente se transforma en un nuevo elemento, igualmente radiactivo, que a su vez se desintegra en muy poco tiempo. Este proceso continúa hasta que se llega a un ele-



Urano

Urano constituye el séptimo planeta en órbita alrededor del Sol, siendo, además, uno de los cuerpos con mayores dimensiones del Sistema solar. Pese a ser un objeto visible a simple vista, no fue descubierto hasta 1781. Son muy pocas las cosas que sabemos con certeza sobre este planeta y los conocimientos especulativos sobre su naturaleza y composición están basados en conceptos puramente teóricos. Su descubrimiento lo llevó a cabo el astrónomo inglés William Herschel desde el observatorio de Bath y, aunque en un principio lo consideró un cometa, pronto, el estudio de su movimiento lo identificó como un nuevo planeta, cuyo hallazgo, además, duplicaba las dimensiones del Sistema solar entonces conocido. Urano se encuentra a una distancia media del Sol de 19,19 unidades astronómicas, o sea 2.871 millones de kilómetros; lo que equivale a 18 veces la distancia de la Tierra al Sol o, también, al doble de la distancia entre el Sol y Saturno, que hasta ese momento marcaba los confines del Sistema solar.

Los planetas jovianos El conjunto de los planetas jovianos o gigantes, al que pertenece Urano junto con Neptuno, Júpiter y Saturno, presenta unas características muy específicas y bien diferenciadas de las del grupo de planetas terrestres, constituido por la Tierra, Mercurio, Venus y Marte.

Los planetas gigantes, entre los que hemos de incluir también al lejano Plutón, constituyen en conjunto el 99% de la masa planetaria del Sistema solar. En su movimiento, todos ellos describen órbitas más externas o más alejadas que las de los planetas terrestres, razón por la cual sus temperaturas superficiales deben ser también considerablemente inferiores. Asimismo, los planetas gigantes se caracterizan por sus bajas densidades y sus altas velocidades de rotación; Saturno, en particular, es el menos compacto de todos los planetas, con un peso específico medio equivalente a 0,71 veces el del agua.

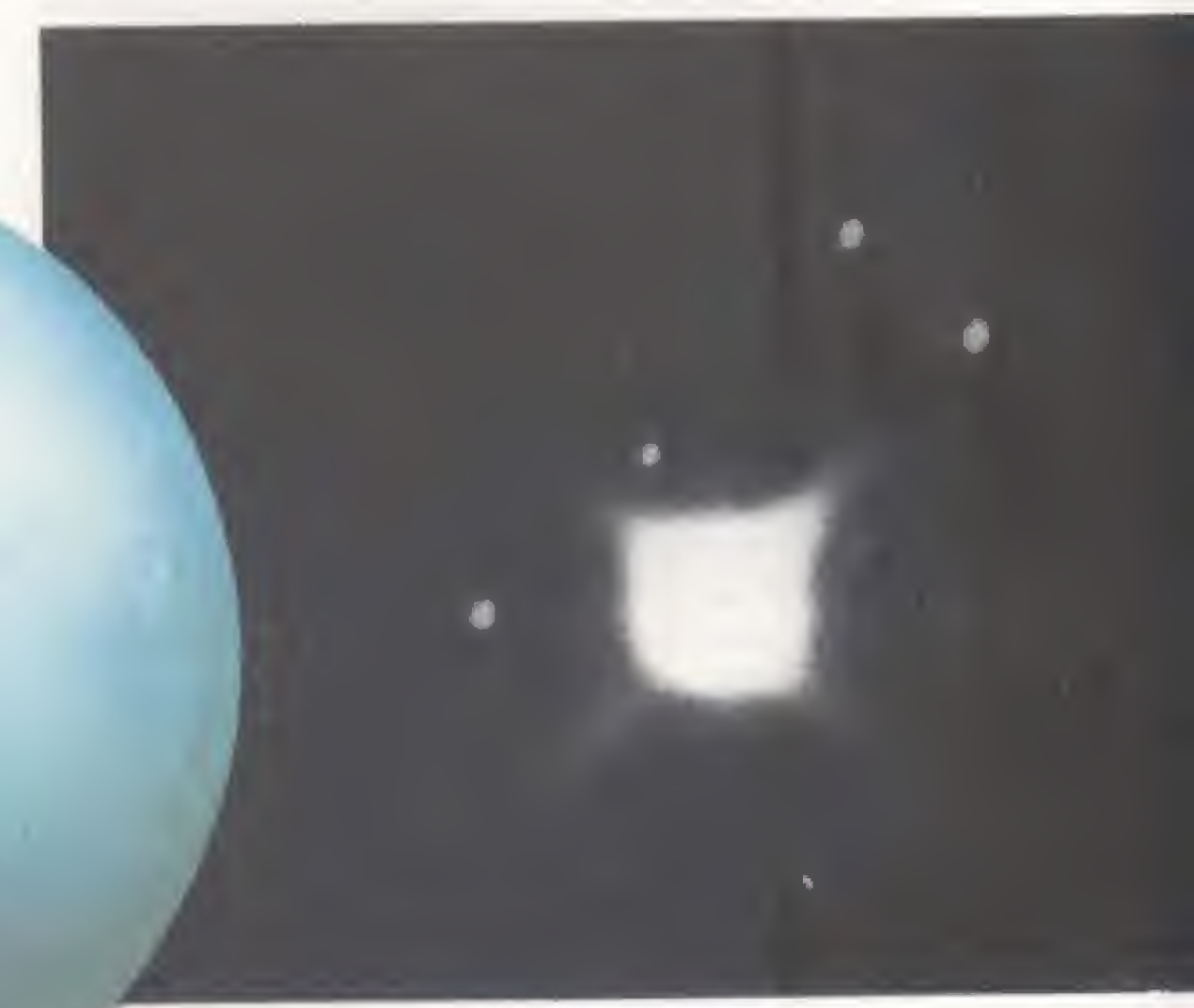
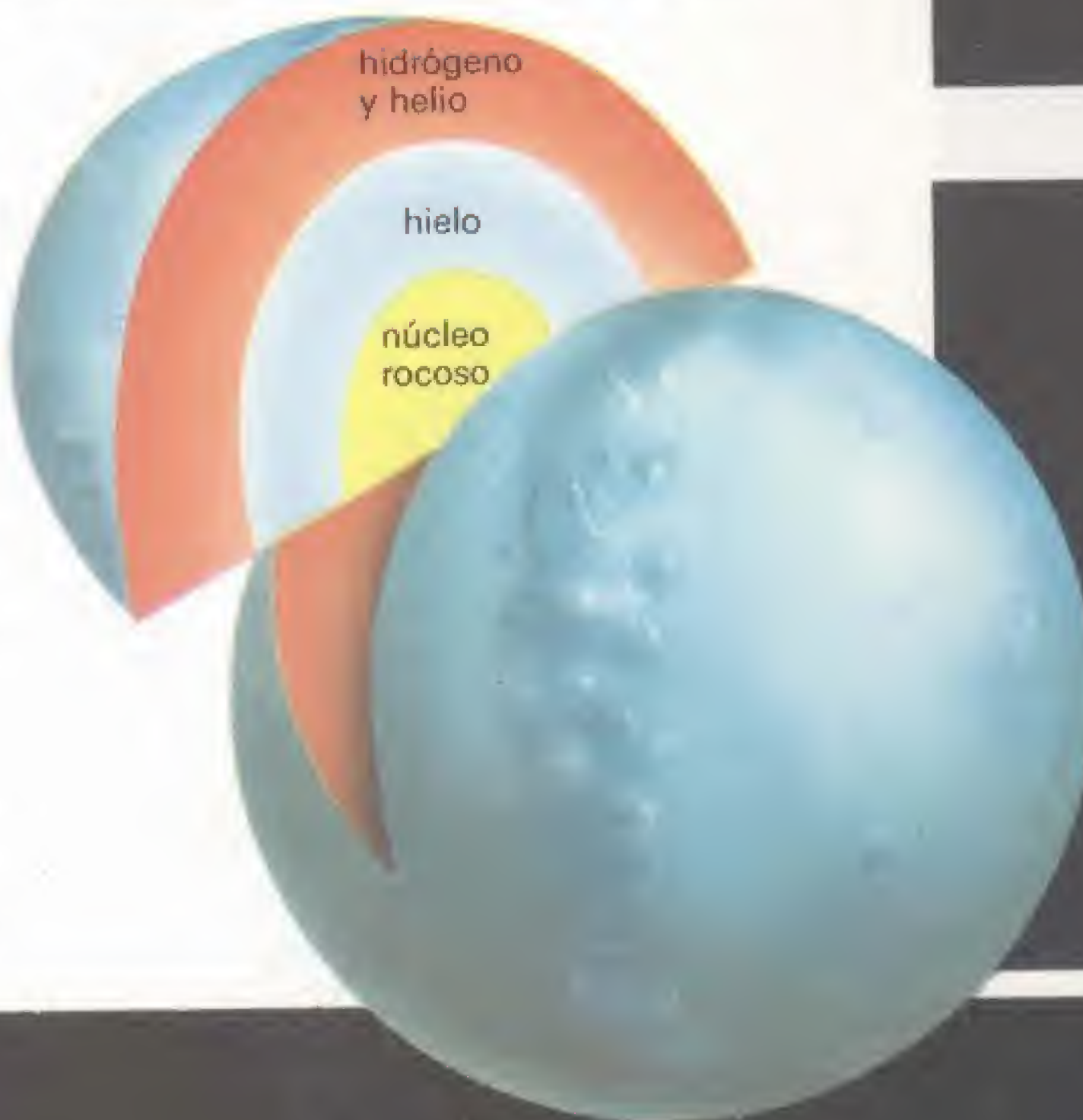
Composición Sobre la composición química de Urano se sabe aún hoy bastante poco. La masa del planeta, deducida a partir de los movimientos de sus satélites

y de las perturbaciones que induce en el movimiento orbital de Saturno, se estima que es equivalente a 0,045 veces la masa solar o, lo que es lo mismo, a 14,5 veces la de la Tierra. En lo que respecta a sus dimensiones, parece ser que Urano tiene un diámetro de 48.000 km. El hecho de que su peso específico sea 0,2 veces el de la Tierra hace suponer que el planeta está constituido fundamentalmente por compuestos ligeros.

Probablemente, a semejanza con Neptuno, Urano consta de un núcleo central rocoso y sólido, rodeado por un compacto estrato de hielo que, a su vez, estaría envuelto hasta la superficie visible por una gran capa de hidrógeno molecular. El análisis de su espectro muestra también la presencia de otros elementos, como el carbono, el nitrógeno y el helio, aunque todos ellos en concentraciones muy poco destacables.

A la derecha, tres fotografías de Urano tomadas mediante el telescopio del Observatorio Mac Donald (EE UU); el tiempo de exposición se ha prolongado de forma que puedan distinguirse sus cinco satélites. Los cuatro de mayor tamaño tienen un brillo bastante

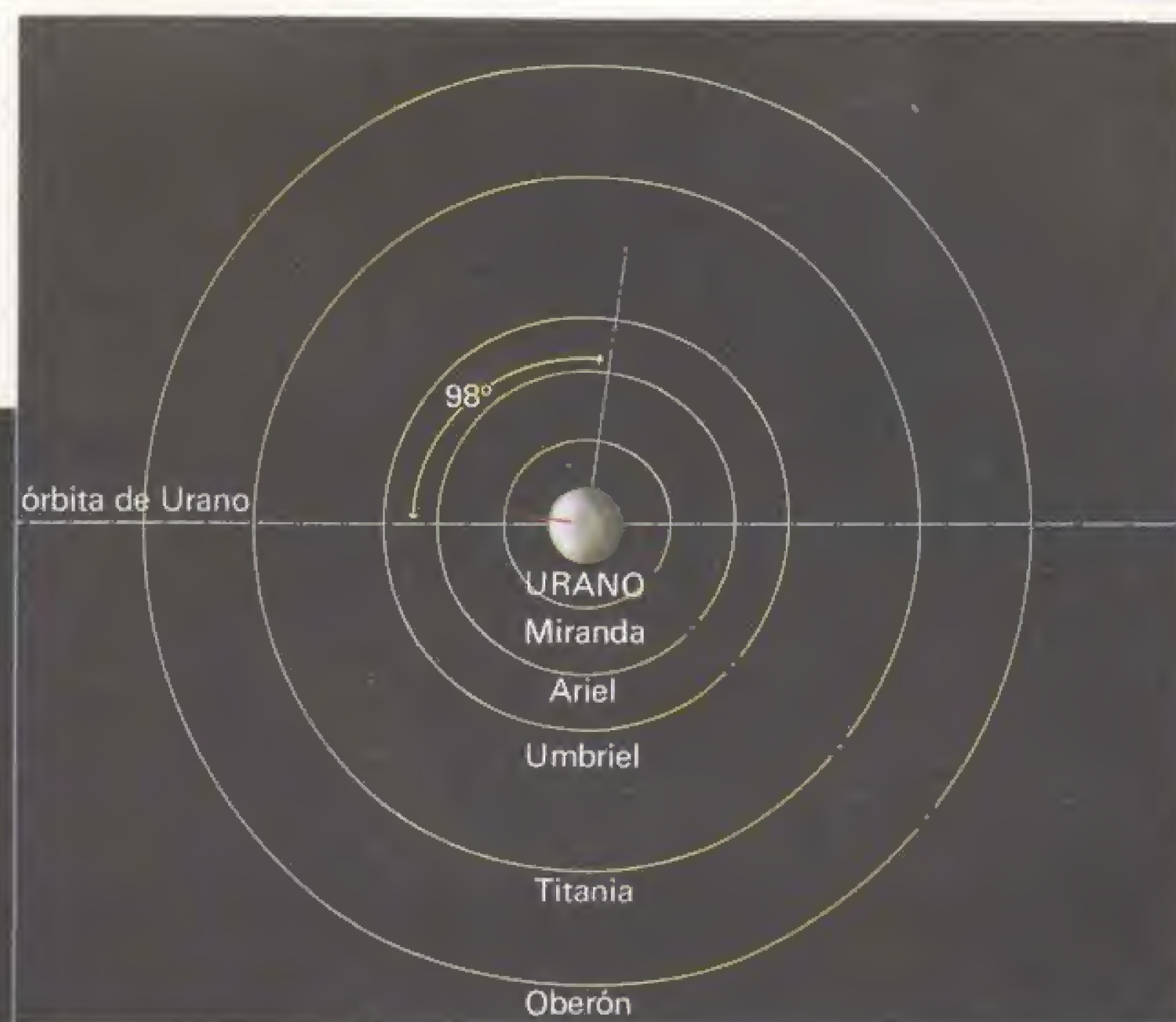
similar; el quinto, sin embargo, resulta difícil de distinguir debido a su inferior tamaño y menor brillo. Abajo, un corte ideal del planeta. Bajo un estrato superficial de gases y líquidos, hay una capa de hielo de hidrógeno, helio y agua, que envuelve un núcleo sólido de elementos pesados.



A la derecha, un esquema del sistema de satélites de Urano. Se desplazan siguiendo órbitas en un plano muy próximo al del ecuador del planeta; éste, a su vez, se encuentra muy inclinado con respecto

a su plano orbital en torno al Sol, dado que esta inclinación supera los 90°, se ha llegado a pensar en un movimiento retrógrado de rotación. En el esquema no se señala el sistema de anillos, que, sin embargo,

aparecen representados, en sus dimensiones proporcionales, bajo estas líneas. Se han podido distinguir 9 anillos distintos, aunque es muy probable que algunos sean múltiples.



Rotación y órbita El análisis espectroscópico muestra que la rotación del planeta es muy rápida; de hecho, la duración del día en Urano, calculada por medio del efecto Doppler, arroja un valor de 10,75 horas, similar a los de Júpiter y Saturno. El efecto Doppler permite calcular la velocidad de rotación de cualquier cuerpo radiante (en este caso, de luz solar reflejada) a partir de los desplazamientos que experimentan las líneas del espectro según la radiación provenga de un limbo del planeta o del contrario. El movimiento orbital del planeta es directo; el plano de su órbita está ligeramente inclinado (46') con respecto al de la eclíptica y su excentricidad es bastante elevada (0,047). Aunque su velocidad de rotación es muy alta no sucede lo mismo con su velocidad de traslación, ya que han de transcurrir 84 años terrestres para que Urano describa una órbita completa alrededor del Sol.

Atmósfera y satélites Si lo observamos mediante un telescopio, Urano aparenta ser de un color azul verdoso. Esto se debe a que su atmósfera está constituida por elementos que absorben toda la radiación del visible con excepción de la luz azul, lo que parece indicar la existencia preponderante de metano. Es probable que sobre la superficie existan pequeñas cantidades de hidrógeno y de helio, e incluso algo de amoníaco y vapor de agua, aunque, dadas las bajas temperaturas reinantes en el planeta, estos últimos se hallarían completamente congelados.

Una observación más detallada de las proximidades del planeta nos revela la existencia de cinco satélites ecuatoriales: Oberón, Titania, Ariel, Umbriel y Miranda.

La ocultación de estrellas del fondo celeste y próximo a Urano ha puesto en evidencia la existencia de un complejo sistema de anillos muy finos y transparentes.

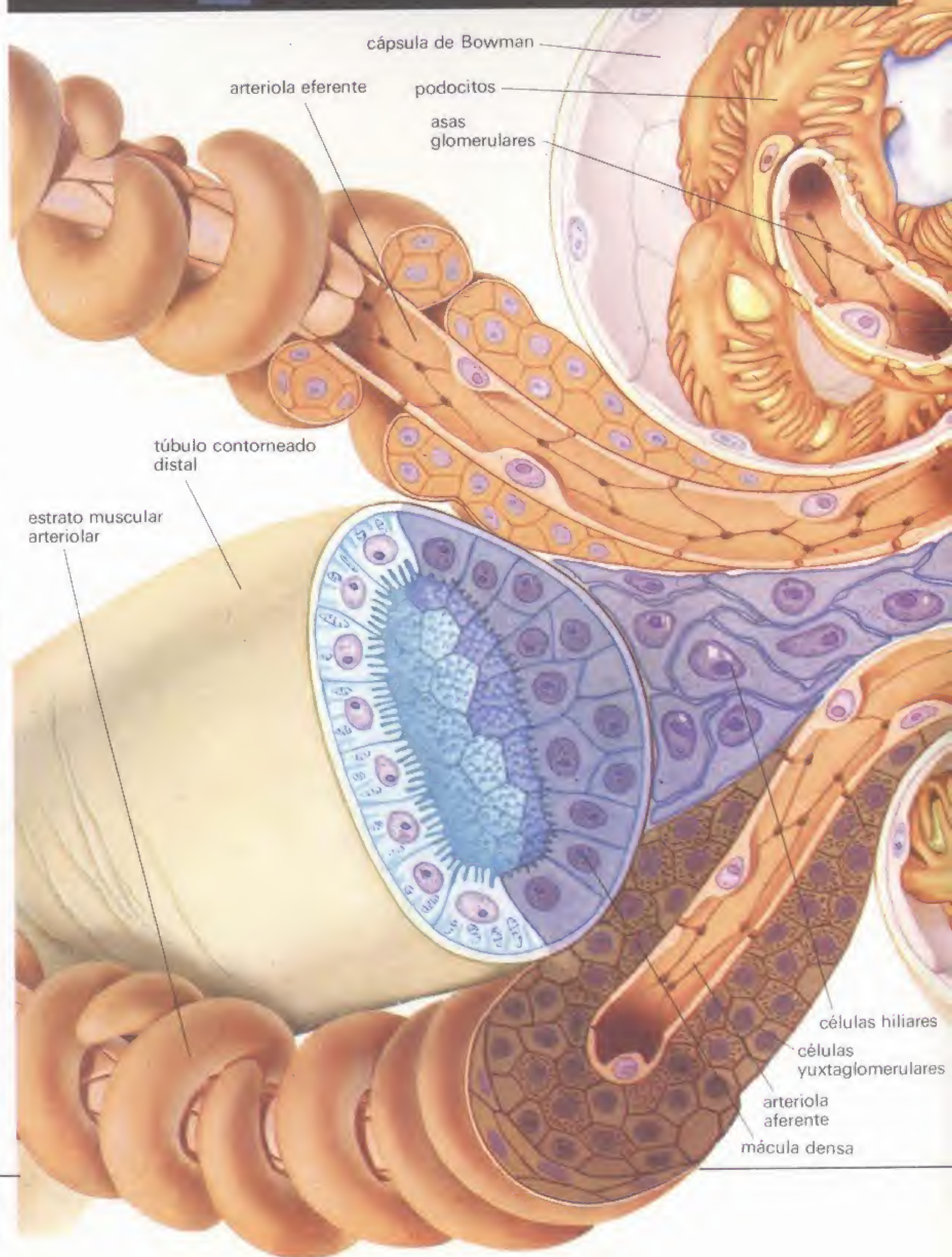
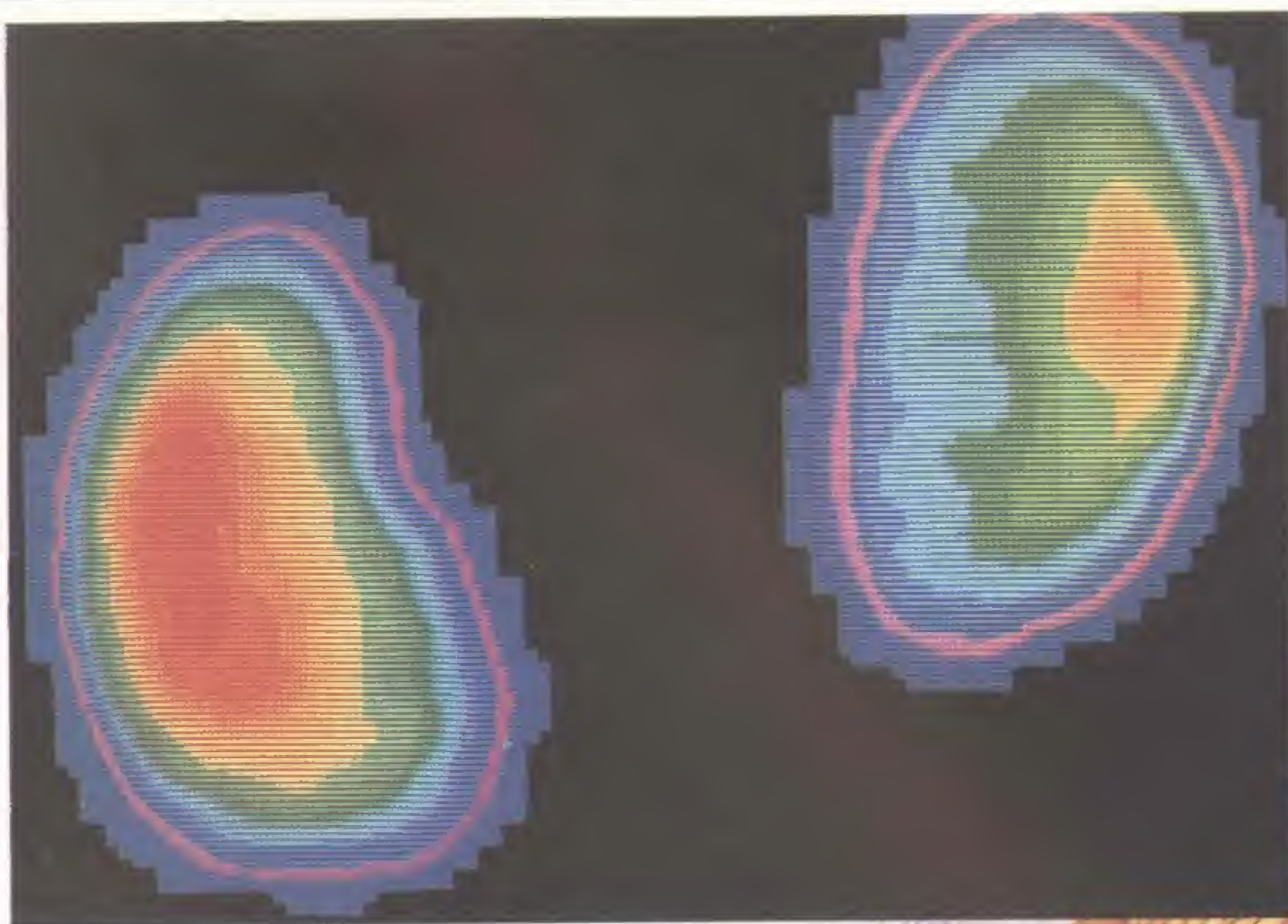
Véase Efecto Doppler; Estrella nova; Planetas; Sistema solar

Urinario, aparato

El organismo humano está particularmente adaptado para asimilar los alimentos de cualquier tipo y sintetizar, a partir de ellos, las sustancias energéticas necesarias para realizar cualquier actividad vital, desde el crecimiento de los cabellos hasta el ejercicio de una carrera de maratón. Sin embargo, este proceso, como todos los que tienen como fin la conversión de energía, produce sustancias de desecho. Para eliminar del organismo estas sustancias, la Naturaleza ha provisto al ser humano de uno de los sistemas más perfectos de tratamiento de residuos: el aparato urinario.

Son tres los principales residuos eliminados a través de este aparato: la urea, el ácido úrico y la queratina. Estos productos bioquímicos intermedios, junto con muchos otros, son elaborados por los tejidos del organismo, y se introducen en la circulación sanguínea que baña los tejidos hasta alcanzar los riñones. En estos órganos, los productos de desecho y el exceso de agua son separados y transformados en orina (la orina está constituida por un 95% de agua). Posteriormente, la orina, a través de unos conductos denominados *uréteres*, llega a un órgano en forma de saco, la *vejiga urinaria*. Desde aquí es expulsada al exterior a través de otro conducto denominado *uretra*.

Los riñones Los riñones son dos pequeños órganos con forma de judía, de unos diez centímetros de longitud, situados en el abdomen a ambos lados de la columna vertebral. Cada riñón contiene cerca de medio millón de estructuras filtrantes o nefronas, constituidas por tubulillos contorneados en los que la sangre es filtrada, los residuos separados y las sustancias útiles reabsorbidas. Las nefronas actúan de la siguiente forma: la sangre entra por la extremidad superior y pasa a través de un corpúsculo esférico, el glomérulo, constituido por capilares, donde ex-



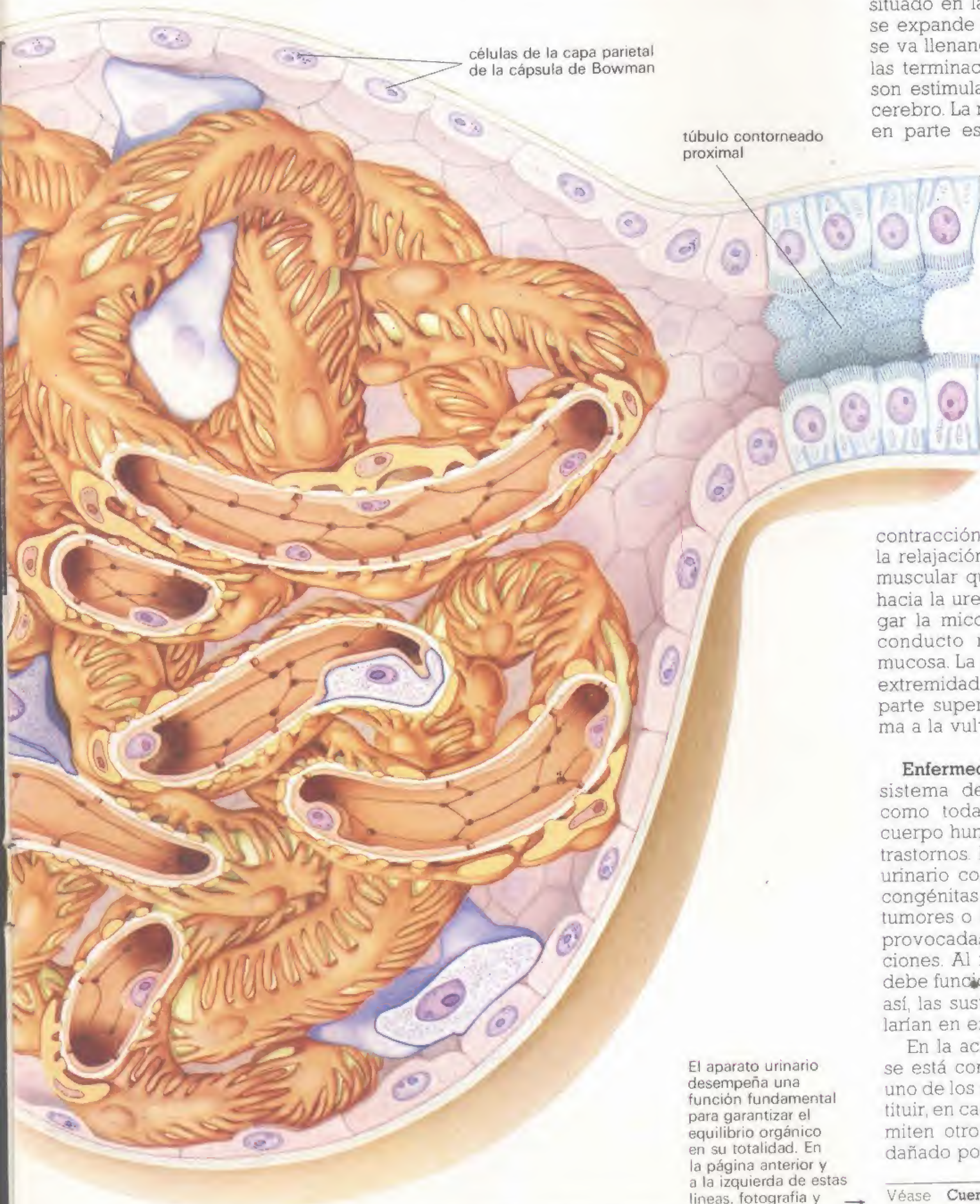
perimenta un fraccionamiento. Las células de la sangre, junto con la mayor parte del plasma líquido en el que se encuentran, se alejan de la nefrona a través de una salida en la extremidad superior de la misma; las demás sustancias incluidas en la sangre se dirigen, a través de un conducto, hasta la base de la nefrona, desde donde son enviadas hacia la vejiga y, finalmente, eliminadas.

Junto a los residuos eliminables se encuentran también algunas sustancias útiles, como el agua, las sales y la glucosa. Obviamente, si todas estas sustancias se eliminasen con la orina se produciría un

gran despilfarro. Para impedirlo, la Naturaleza ha dotado a los túbulos de la base de la nefrona de un revestimiento de células cuyos bordes, en forma de cepillo, reabsorben una gran cantidad de agua, glucosa, aminoácidos y otras sustancias de importancia vital. Al mismo tiempo, el plasma que se ha fraccionado a su paso por los glomérulos no penetra directamente en las venas, sino que es obligado a circular por una red de capilares situada en torno a los túbulos de la nefrona, de manera que pueda reabsorber sustancias nutritivas y agua. La sangre así purificada reingresa en el sistema circulatorio.

Por cada litro de orina producido, el riñón filtra ciento veinticinco litros de líquido, de los que ciento veinticuatro son reabsorbidos: se trata, por consiguiente, de un proceso muy costoso; tanto, que el tejido renal consume un volumen de oxígeno muy superior al consumido por un peso equivalente de músculo cardíaco.

La vejiga y la uretra La orina es recogida en el interior de los riñones en una cavidad denominada *pelvis renal*. Desde aquí, es transportada a través de un conducto (uréter) hacia la vejiga urinaria mediante contracciones de la pared muscular uretral. La vejiga, un órgano muscular situado en la parte inferior del abdomen, se expande como un saco a medida que se va llenando. Cuando la vejiga se llena, las terminaciones nerviosas de su pared son estimuladas, y este mensaje llega al cerebro. La respuesta a este estímulo, que en parte es involuntario, consiste en la



→
esquema tridimensional de un corpúsculo renal en el que puede apreciarse el glomérulo, la cápsula de Bowman y el aparato yuxtaglomerular. Arriba, en la página anterior, estudio del riñón mediante una gammagrafía. En este caso se ha utilizado glucoheptanato de sodio. Se puede apreciar un parénquima renal activo más abundante en el riñón de la derecha.

contracción de las paredes de la vejiga y la relajación del esfínter uretral, un anillo muscular que cierra el paso de la vejiga hacia la uretra. En este momento tiene lugar la micción a través de la uretra, un conducto revestido de una membrana mucosa. La uretra masculina termina en la extremidad del pene y la femenina en la parte superior del orificio vaginal, próxima a la vulva.

Enfermedades del aparato urinario El sistema de filtrado y de recirculación, como todas las demás estructuras del cuerpo humano, está sujeto a ocasionales trastornos. Las enfermedades del aparato urinario comprenden las malformaciones congénitas, las obstrucciones a causa de tumores o de cálculos, y las disfunciones provocadas por traumatismos o por infecciones. Al menos uno de los dos riñones debe funcionar adecuadamente; de no ser así, las sustancias de desecho se acumularían en exceso, intoxicando la sangre.

En la actualidad, el trasplante de riñón se está convirtiendo progresivamente en uno de los métodos más seguros para sustituir, en caso de enfermedades que no admiten otro tratamiento, este órgano vital dañado por uno sano.

El aparato urinario desempeña una función fundamental para garantizar el equilibrio orgánico en su totalidad. En la página anterior y a la izquierda de estas líneas, fotografía y

→ Véase **Cuerpo humano; Riñón**

Vacío

Si fuera posible extraer toda la materia del interior de un recipiente cerrado, éste quedaría totalmente vacío. Un espacio que no contiene materia en ninguna de sus formas se dice que está en condiciones de vacío.

La presión atmosférica La materia está formada por pequeñas unidades llamadas átomos que, a las temperaturas habituales, se mueven incesantemente.

En condiciones normales, un centímetro cúbico de aire contiene aproximadamente treinta millones de billones (3×10^{19}) de moléculas, que se mueven rápida y desordenadamente, chocando unas contra otras y contra las paredes del recipiente que las contiene. El efecto global de todos estos choques sobre las paredes se traduce en una presión medible, y que al nivel del mar es equivalente a 101.300 N (newton)/m², es decir, una atmósfera (1 atm).

Esta enorme presión apenas tiene efecto sobre los objetos, ya que el aire rodea prácticamente todas las cosas y la presión que se ejerce por un lado del objeto, por ejemplo, una placa de vidrio, se equilibra con la presión que se ejerce por el lado opuesto. Si se extrae todo el aire del interior de un recipiente (se puede pensar en una botella de vidrio), deja de haber una presión equilibrada y, si la botella no es lo suficientemente resistente, se romperá en mil pedazos por efecto de la presión exterior, que empuja hacia dentro. Cuando esto sucede, los trozos se proyectan, en principio, hacia el interior vacío, en un fenómeno que se llama *implosión*, en oposición a la *explosión*, en la que los trozos se proyectan hacia afuera. El grado de vacío de un recipiente puede variar según las aplicaciones a que se destine



En el dibujo de arriba, a la izquierda, se puede observar el efecto de la atmósfera sobre dos objetos. La experiencia nos señala que una bolita

metálica cae más rápido que una pluma; en cambio, en un tubo vacío (dibujo de la derecha) la bolita y la pluma caen a la misma velocidad.



A la izquierda, una bomba rotativa de paletas para alto vacío: el cilindro excéntrico a, al girar, aumenta el volumen b situado por debajo del tubo de aspiración c, y, de esta forma, extrae el aire del recipiente que se quiere vaciar. Mientras tanto se produce una disminución del volumen d y el aire recogido durante el medio giro anterior se comprime y se expulsa a través de la válvula de bola e.

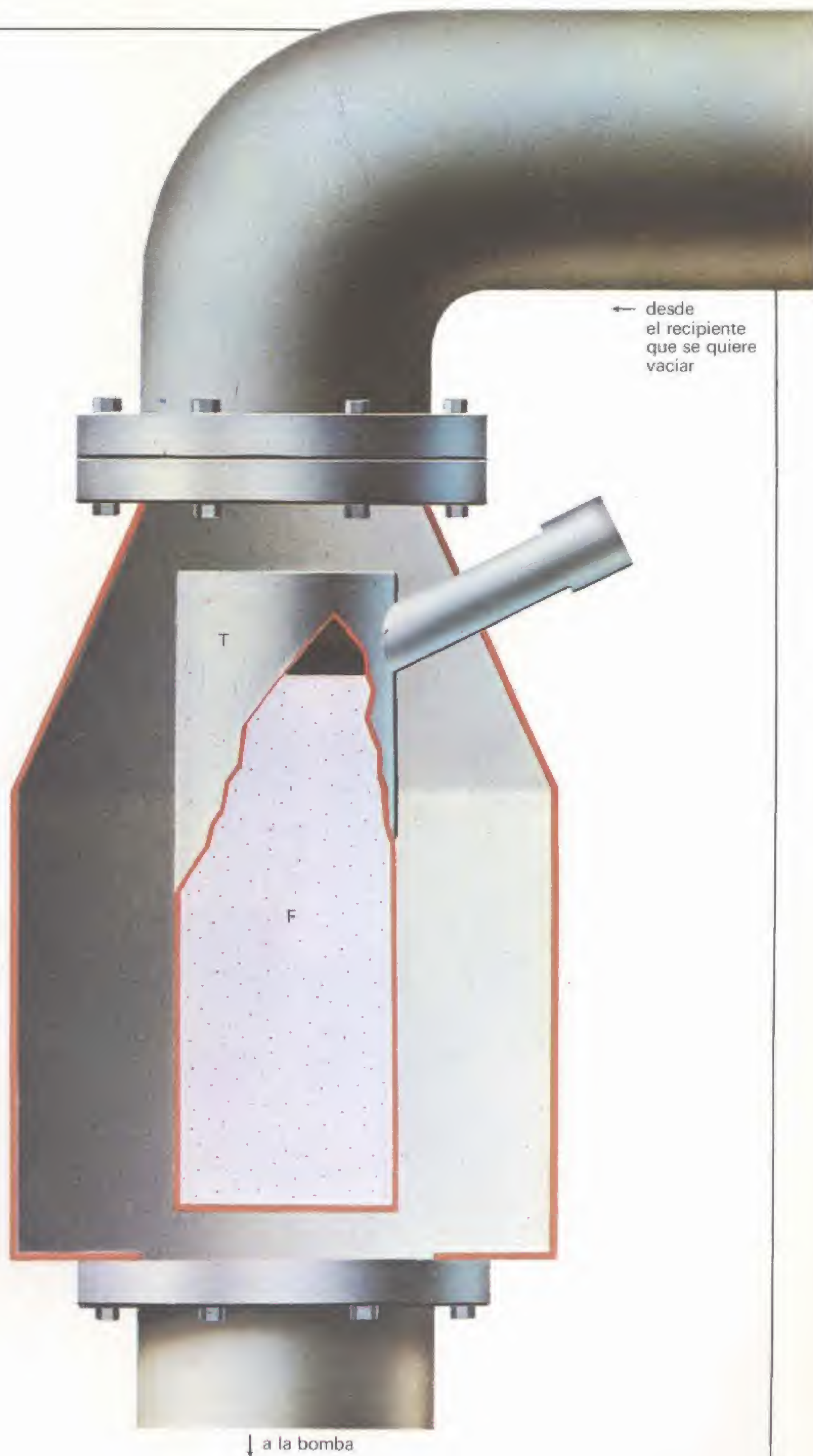


Obtención del vacío Las bombas mecánicas utilizadas para reducir la presión en el interior de un recipiente se llaman bombas de vacío. Su funcionamiento se basa en la compresión del volumen de aire que debe extraerse hasta conseguir una presión suficiente para forzar su salida a través de la válvula de escape. El modelo más frecuente es la bomba rotativa de dos paletas montadas en un rotor excéntrico, las cuales barren la parte interna de la cámara de la bomba. Para presiones muy bajas, se utilizan bombas de difusión.

Thomas A. Edison utilizó una bomba de vacío para obtener la primera versión de la bombilla de filamento incandescente. Trabajando durante toda la noche, su ayudante y él consiguieron obtener una presión de un torr ($1/760$ atm). Hoy las bombas de vacío obtienen el mismo resultado en un intervalo de algunos segundos y las técnicas más avanzadas pueden producir un vacío del orden de 1×10^{-12} torr.

Aplicaciones del vacío El mecanismo fundamental de transferencia de calor de un cuerpo a otro se basa en los choques entre los átomos en el espacio situado entre los dos cuerpos, por lo que el vacío resulta un aislante térmico óptimo. Por esta razón, los termos están formados por dos contenedores, uno dentro del otro, separados por un espacio en el que se ha practicado el vacío.

El vacío se utiliza muy frecuentemente en el campo de la investigación científica, tanto como elemento fundamental para el funcionamiento de aparatos como los microscopios electrónicos y los aceleradores de partículas, como para simular las condiciones del espacio extraatmosférico. La preparación y elaboración de ciertos

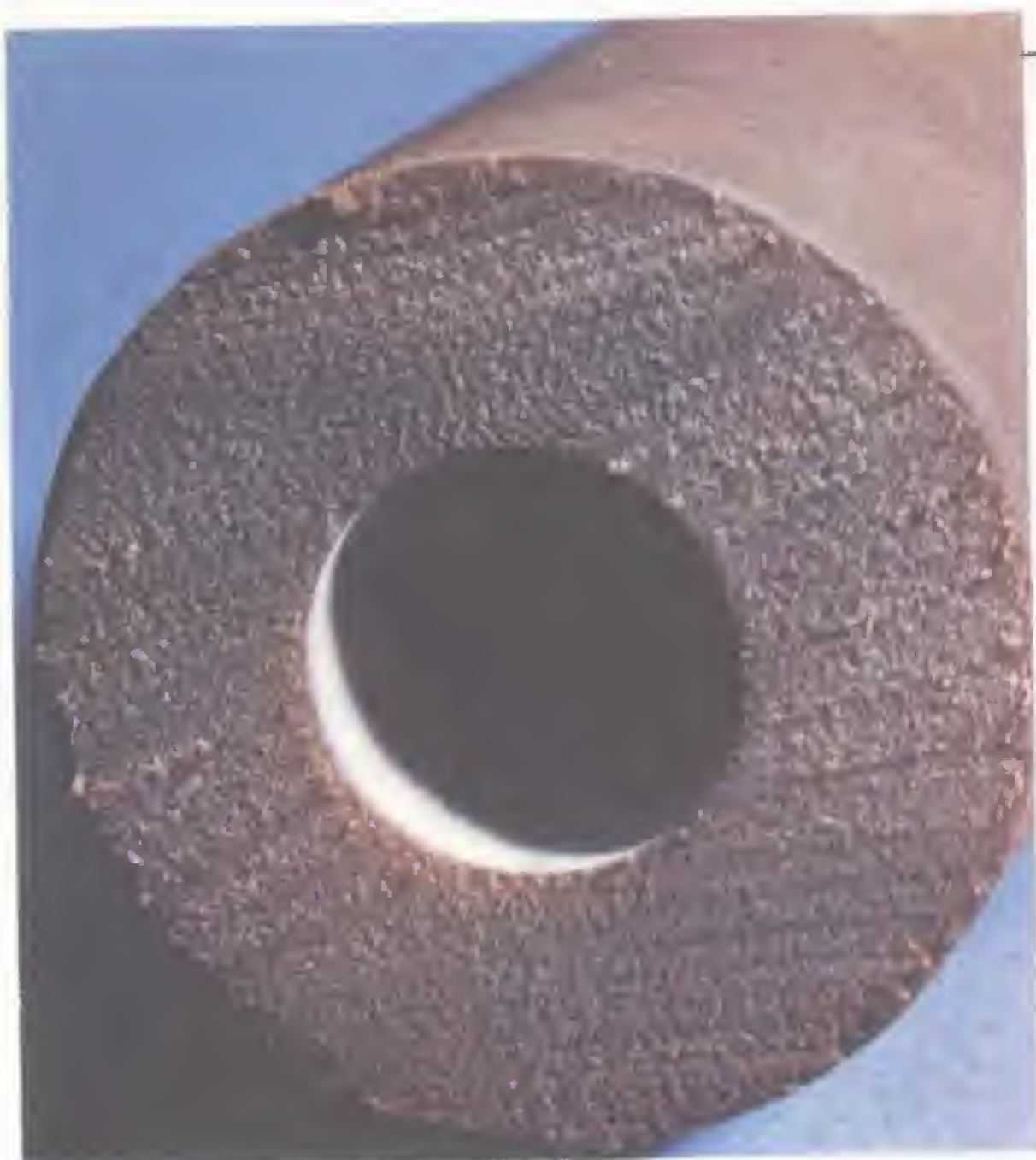


Si se quiere extraer los gases de un recipiente se utiliza una bomba de vacío. Sin embargo, esta bomba no siempre basta para conseguir el grado de vacío deseado, aunque se prolongue la operación durante un tiempo relativamente largo. En realidad, llegados a un determinado punto, ya no es posible extraer más aire residual. Para

obtener un grado de vacío más alto se recurre a las trampas de vacío, que permiten alcanzar presiones por debajo de 10^{-10} torr. Sobre estas líneas, se muestra una trampa de frío. Si se coloca un recipiente T, en cuyo interior hay una sustancia frigorífica F (hielo carbónico, aire o nitrógeno líquidos), en un punto por donde

pasen las moléculas, se puede mejorar el grado de vacío. De hecho, las paredes frías tienen la capacidad de retener las moléculas que chocan contra ellas y de hacer que se condensen. En la foto de la izquierda se reproduce una trampa de vacío de hidrógeno líquido, que funciona de acuerdo con el principio descrito.





En la imagen de la izquierda se muestra la sección de un tubo utilizado para unir la bomba con el recipiente en que se ha de hacer el vacío. Está hecho de goma y tiene que tener un espesor considerable

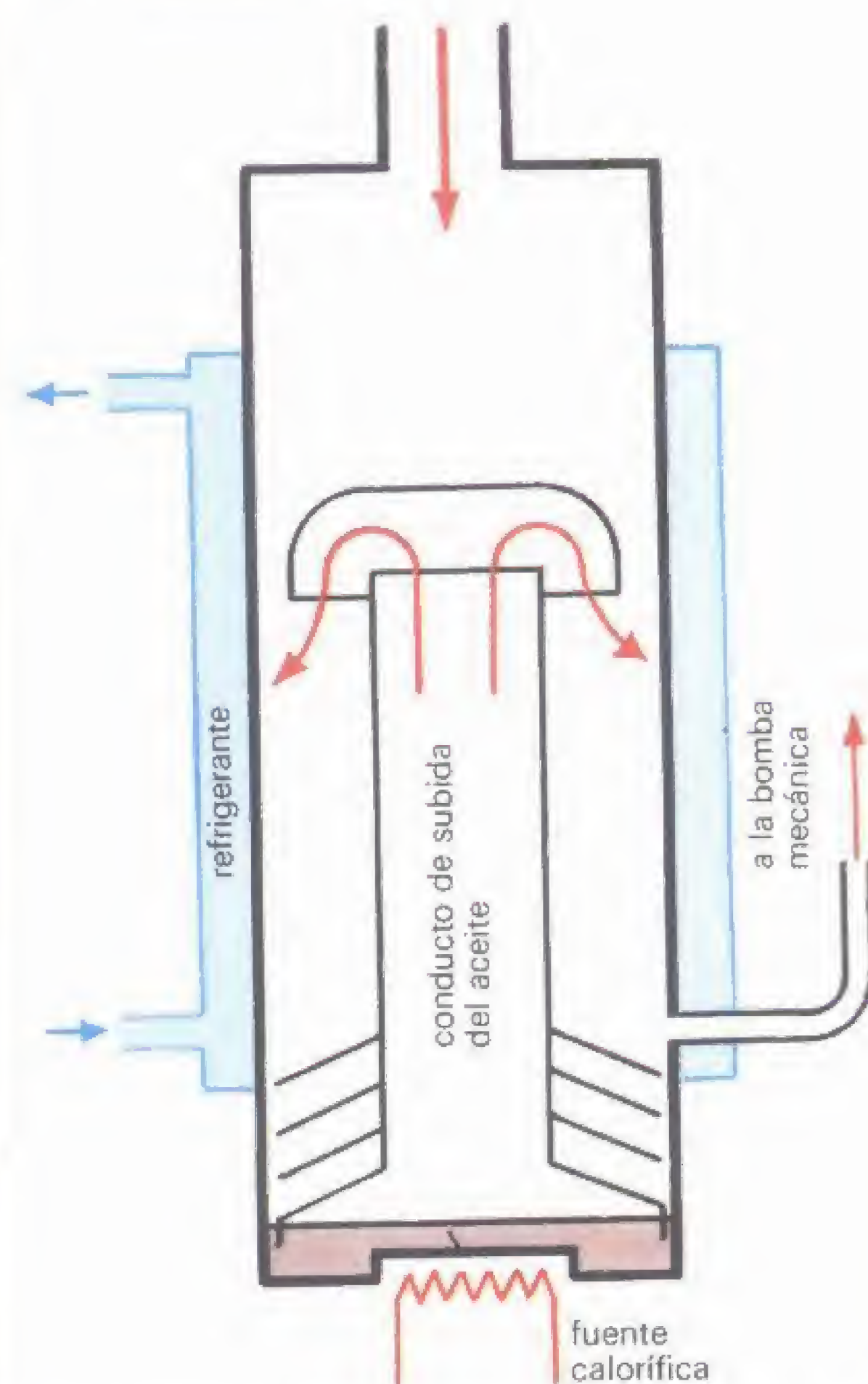
para que la presión atmosférica externa no lo pueda aplastar cuando se produce el vacío en su interior. Las conexiones tienen que ser perfectamente estancas y, por este motivo, se sellan con grasa y masilla.

En las fotografías (arriba y bajo estas líneas), elementos de una bomba de difusión. En el esquema (abajo, a la derecha) se muestra su funcionamiento. Este tipo de bomba está formado por un tubo, conectado

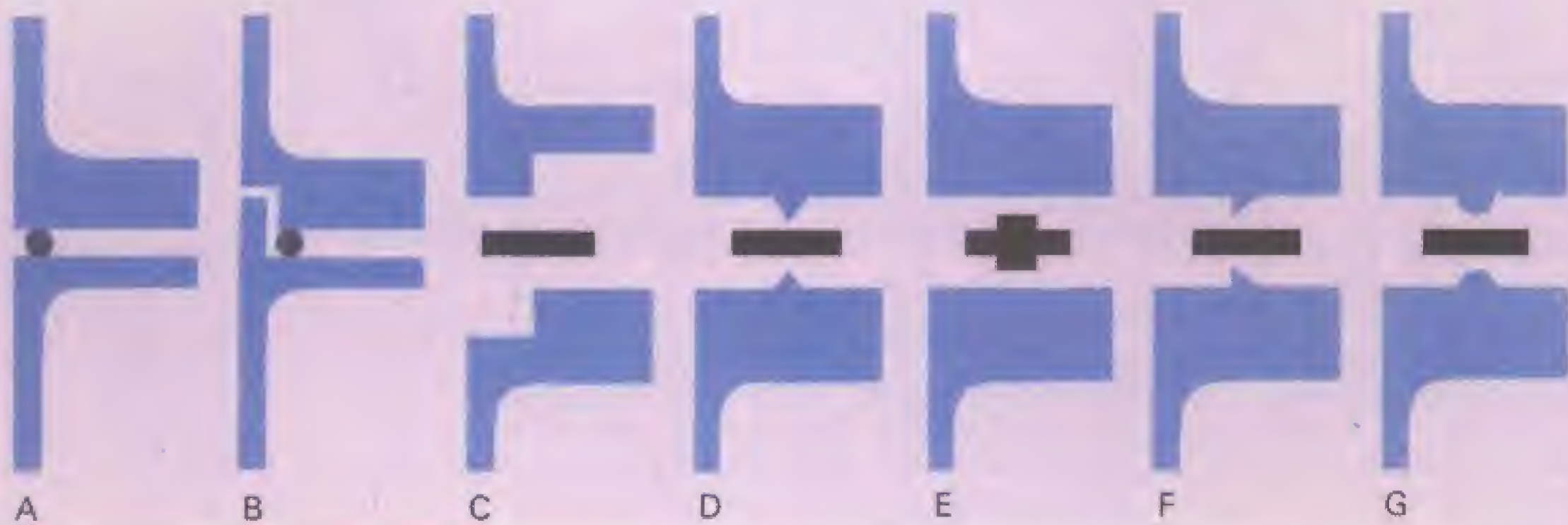
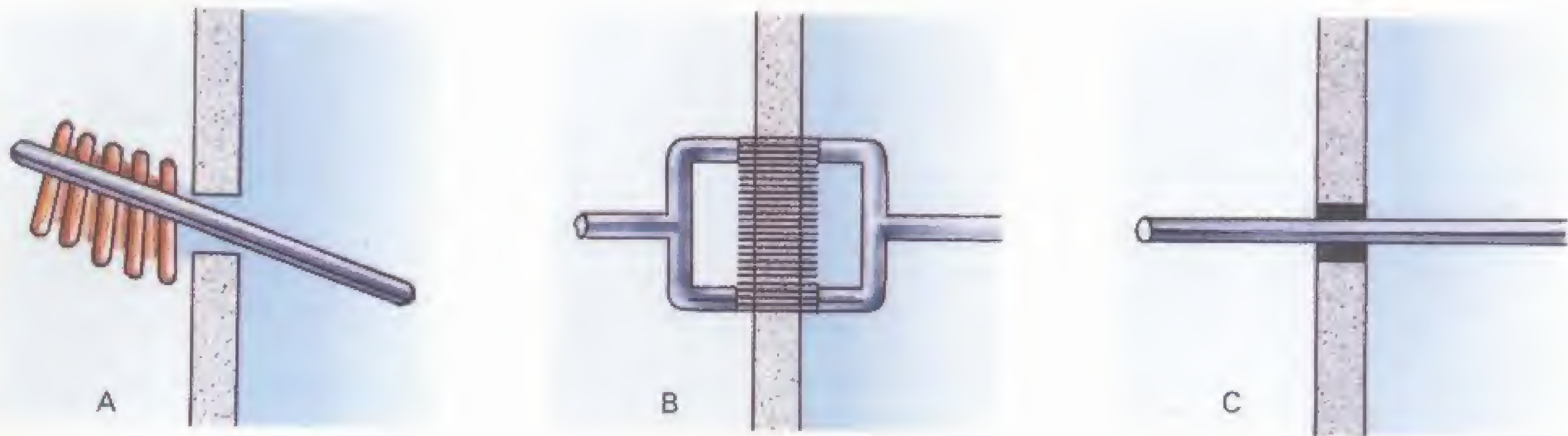
con el recipiente que se quiere vaciar, de un diámetro lo bastante grande como para permitir que el gas residual salga fácilmente. En el fondo del tubo hay un líquido que se calienta y se hace hervir. Los vapores, después de

elevarse una cierta altura por un conducto a lo largo del eje principal, son emitidos. El tubo, en su parte inferior, presenta una desviación, conectada a una bomba mecánica, que recorre el tubo principal en sentido descendente y

tiene la función de aspirar el líquido hirviendo. Las moléculas del líquido evaporado entran en contacto con las paredes del conducto, refrigeradas con agua, de forma que los vapores se condensan antes de ser aspirados.



A la derecha, esquemas de algunos de los métodos más empleados para la transmisión de un movimiento desde el exterior al interior de un sistema al vacío. En A, un movimiento de traslación o rotación de baja velocidad se transmite mediante una junta flexible soldada; en B, se puede observar el esquema de un acoplamiento magnético; en C, se transmite el movimiento mediante una guarnición de metal líquido.



metales y alimentos también se realiza bajo vacío, para evitar la contaminación de los productos por reacciones físicas o químicas que se producen al entrar en contacto con la atmósfera, y para reducir las impurezas de gases que puedan estar presentes en los materiales antes de refinarlos.

El recubrimiento al vacío se emplea en la fabricación de numerosos objetos de uso diario, tales como lentes para cámaras fotográficas, grifos, reflectores de faros de automóvil, etcétera.

Como ejemplo de aplicación de uso doméstico, las aspiradoras crean una corriente de aire, generada por el vacío que produce un ventilador en el interior del electrodoméstico, para aspirar y depositar partículas de polvo en un saquito a propósito.

Formas de medir el vacío La unidad de medida que se utiliza para medir el grado de vacío es la misma que se emplea para medir la presión y se llama *torr*, en honor al inventor del barómetro, Evangelista Torricelli.

Un torr es la presión de una columna de mercurio de un milímetro de altura. La presión atmosférica al nivel del mar es de 760 torr. A una altura de 45 km, donde las moléculas están mucho más dispersas, la presión es aproximadamente de un torr; a unos 90 km sobre el nivel del mar la presión es de una milésima de torr.

Más arriba, hacia el espacio exterior, la presión desciende a valores inferiores, in-

Sobre estas líneas, dibujos que representan el funcionamiento de algunas uniones típicas: en A y B, dos montajes por anillos; en C, juntas de acción en corte; en D, junta de chapa; en E, junta de unión en doble diente; en F, junta con *flat*; en G, junta *General Electric*. En la mayor parte de los casos, los sistemas de vacío se tienen que poder desmontar o, en cualquier caso, abrir. Es importante el diseño de las juntas y la elección de los métodos de sellado. En aplicaciones industriales, suelen ser necesarios sólo vacíos medios y altos,

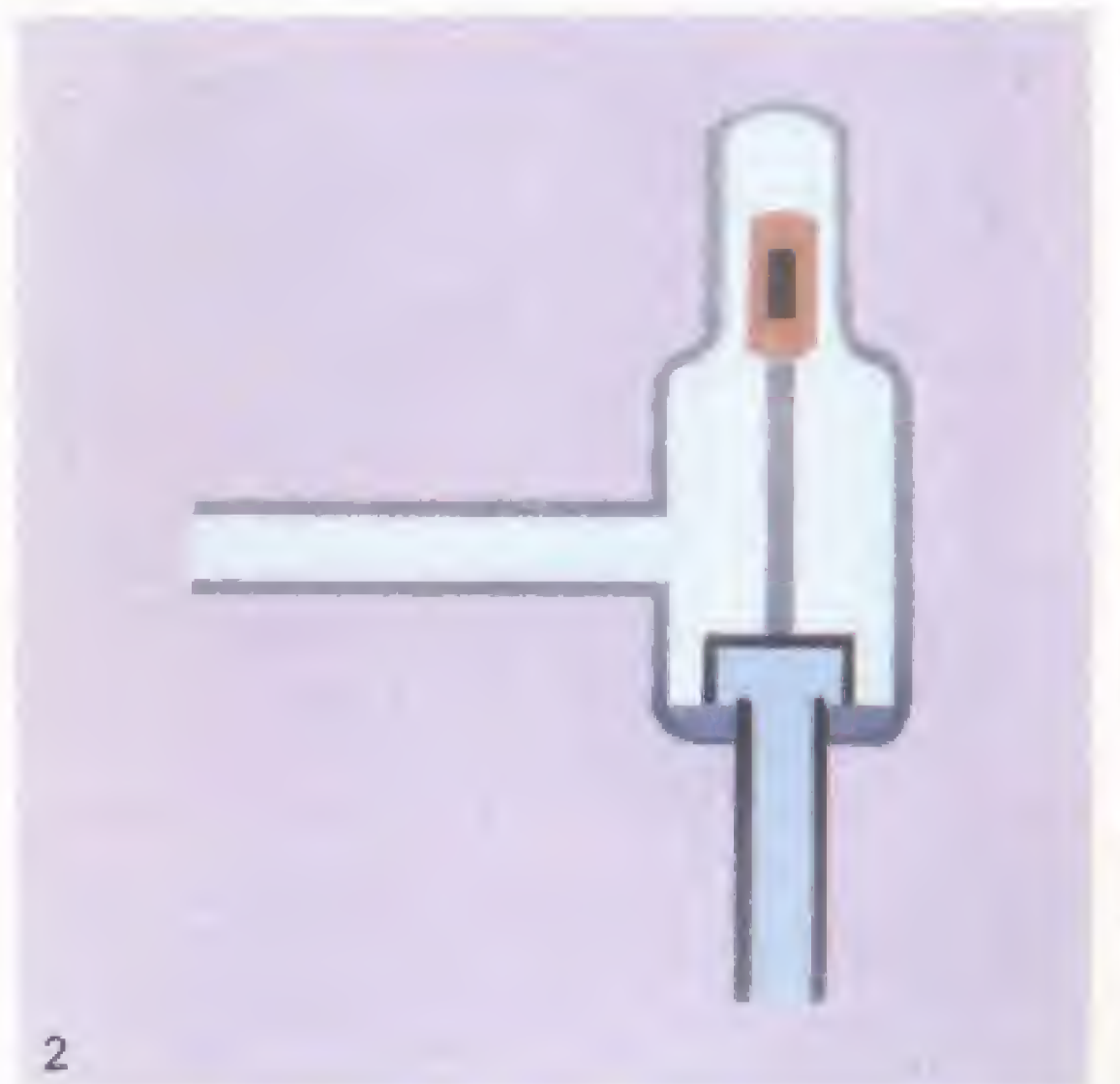
y por ello no es necesaria la extracción de gas con altas temperaturas: se pueden construir juntas relativamente simples y utilizar sellados de goma o materiales sintéticos. En cambio, en los sistemas de vacío profundo si es necesaria la extracción de gases y, por tanto, se utilizan juntas metálicas. En los tres esquemas de la derecha se pueden ver algunos tipos de válvulas utilizadas en vacío profundo: 1, válvula de retención por presión; 2, válvula de metal líquido (indio); 3, válvula de difusión con tubo de metal calentado.

cluso menos de una billonésima de torr (1×10^{-12}). Estos valores son muy bajos para seguir utilizando el torr como unidad de medida. Por eso, en el espacio exterior, el grado de vacío se mide a menudo en número de nucleones, partículas atómicas, presentes en un centímetro cúbico. La densidad de materia en el Universo conocido es de aproximadamente un nucleón por centímetro cúbico: el Universo está prácticamente vacío.

Véase **Barómetro; Presión; Vacío, tecnología del**



1



2



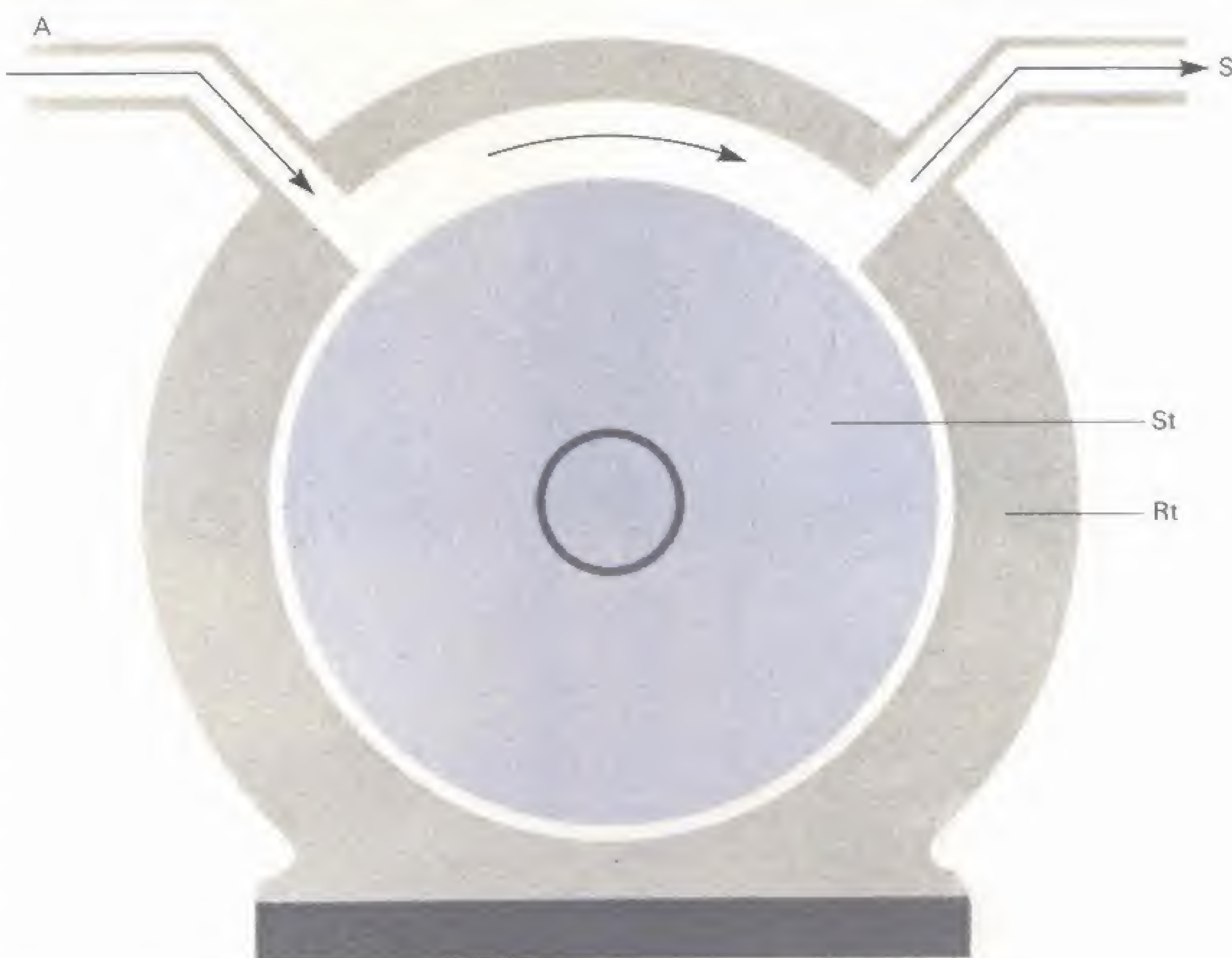
3

Vacío, tecnología del

El vacío, desde el punto de vista de la Física, es un espacio que no contiene en su interior ni la más pequeña partícula de materia. En realidad, el vacío es, precisamente, la nada por definición. Lo más parecido al vacío absoluto se podría encontrar en el espacio intergaláctico, donde se estima que sólo hay una molécula por centímetro cúbico. El mayor grado de vacío que se ha conseguido alcanzar artificialmente todavía contiene más de 100.000 moléculas por centímetro cúbico, que, no obstante, es un vacío considerable si se compara con los 30 millones de billones (3×10^{19}) de moléculas que hay normalmente en un centímetro cúbico de aire al nivel del mar.

Aplicaciones del vacío El vacío se consigue extrayendo todo el gas, o todo el que sea posible, de un recipiente, e impidiendo que la presión atmosférica permita que este gas regrese nuevamente al interior de aquél. La presión atmosférica se debe al peso del aire de la atmósfera terrestre; si se extrae el gas de un recipiente, en su interior habrá una presión menor que en el exterior. Por ejemplo, cuando se desinfla un globo, desciende la presión del aire que hay en su interior, que es el que le hace mantener su configuración, y se deforma por efecto de la presión atmosférica. Una botella de vidrio o un recipiente metálico donde se haya hecho el vacío no se deforman, porque sus paredes son lo suficientemente rígidas como para resistir la presión atmosférica. Por *tecnología del vacío* se entiende cualquier proceso o aparato que utilice una presión inferior a la atmosférica. Existen múltiples razones para realizar determinados procesos en el vacío. Una de ellas es que el vacío, considerando la relativa ausencia de materia, es un espacio muy "limpio". En los procesos realizados bajo vacío existe, por tanto, una probabilidad mucho menor de que haya contaminación por sustancias no deseadas. El vacío se puede utilizar, por ejemplo, para liberar ciertos materiales de gases indeseados, así como para limpiar las superficies contaminadas por moléculas de gas. Además, como el calor se transmite de una molécula a otra por conducción, el vacío puede actuar como barrera aislante: por eso se efectúa el vacío entre las paredes dobles de los recipientes destinados a conservar la temperatura de líquidos calientes o fríos, tales como termos.

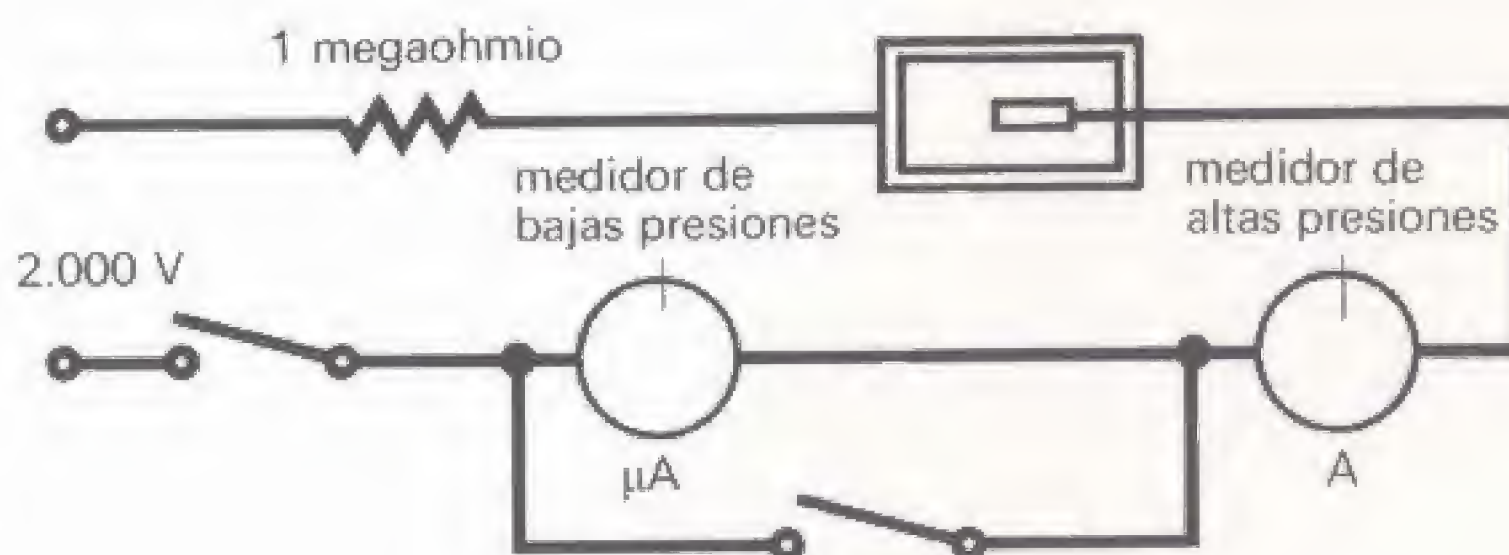
La utilización del vacío como ambiente "limpio" para obtener manufacturas se remonta a principios de siglo, en la fabricación de ampollas para bombillas. La ausencia de aire dentro de la ampolla permitió mantener el filamento incandescente de forma que produjera luz sin quemarse. Un vacío más profundo se necesitaba para las válvulas electrónicas de los aparatos de radio, que acabaron por llamarse "tubos de vacío". A partir de aquella época la tecnología del vacío inició una enorme expansión, y hoy las aplicaciones del vacío son innumerables.



Arriba, bomba molecular de Gaede. Las flechas indican el movimiento del fluido. A representa la aspiración y S la descarga, conectada con una bomba previa de vacío; Rt es el rotor y St el estator. A la derecha y debajo, sonda de Pennig y su

esquema de funcionamiento. Se utiliza para medir el grado de vacío existente en un recipiente y está formada por un tubo de vacío con dos electrodos: el ánodo, con forma de anillo, y el cátodo, formado por dos plaquitas entre

las cuales se sitúa el anillo anódico. Si se aplica una tensión de 2.000 voltios entre los extremos de estos electrodos se produce una corriente cuya intensidad depende de la presión del gas presente dentro del recipiente.

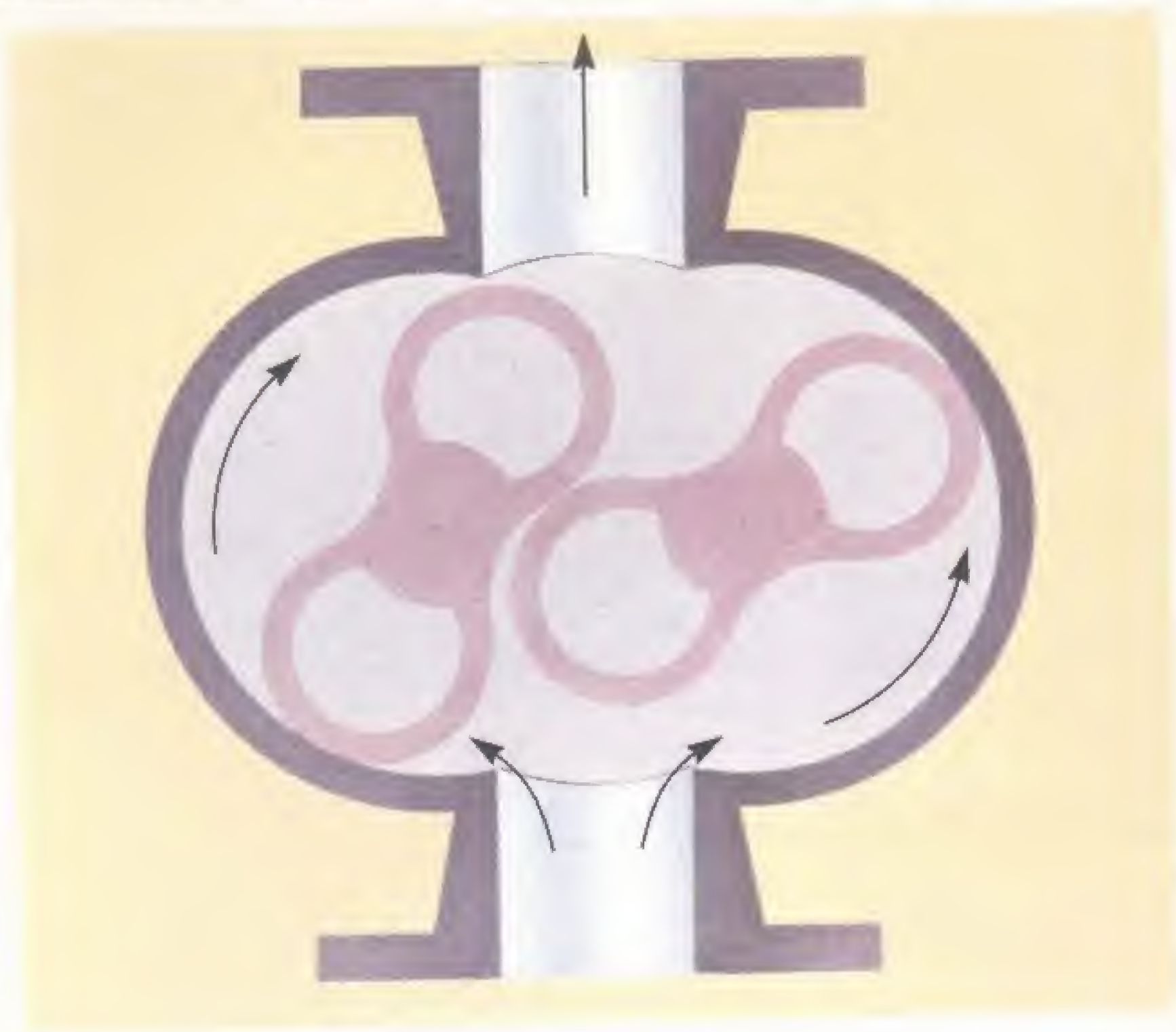


Aplicaciones industriales En nuestros días, la aplicación industrial de la tecnología del vacío se extiende desde la utilización de dispositivos de aspiración para el transporte de maquinaria pesada hasta la producción de circuitos microscópicos, integrados en soportes de silicio. La fabricación de estos circuitos se tiene que realizar en un ambiente perfectamente limpio y exento de polvo para prevenir cualquier contaminación.

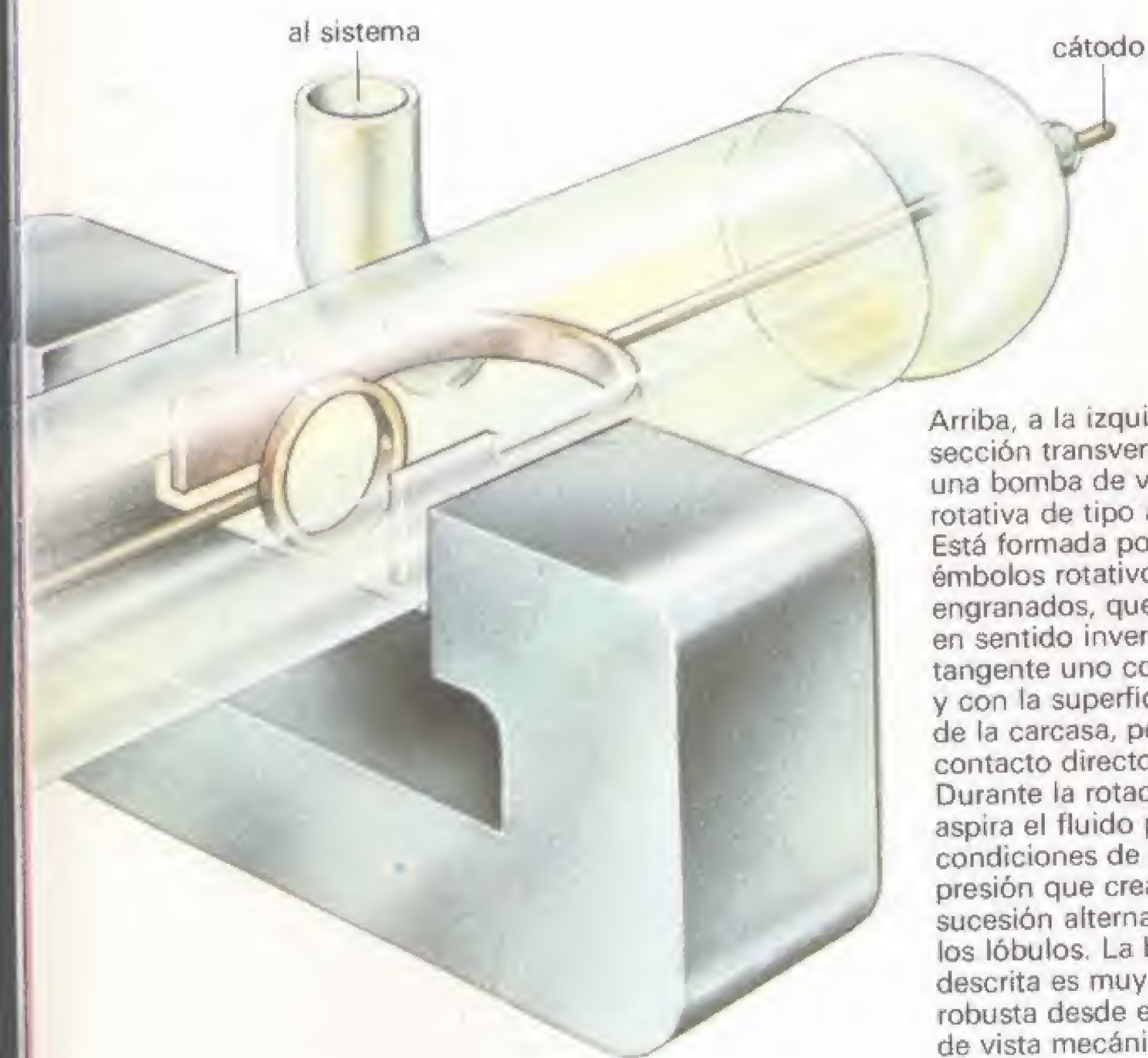
Presiones inferiores a la atmosférica se utilizan para empaquetar en vacío, para destilar líquidos, para refinar el azúcar y desgasear el aceite. Presiones todavía más bajas se necesitan para trabajar algunos metales que requieren una pureza muy elevada. La congelación industrial a

temperaturas muy bajas, utilizada en un principio para conservar tejidos epidérmicos y sanguíneos y aplicada ampliamente en la industria alimentaria, se realiza mucho mejor a bajas presiones. También se utilizan presiones muy bajas para fabricar los tubos de rayos catódicos de los televisores, los tubos de rayos X y las lentes para cámaras fotográficas.

La tecnología del vacío en el campo de la investigación La tecnología del vacío también es un elemento importante en los laboratorios de investigación. Las bajas presiones son imprescindibles para el desarrollo de las pruebas y experimentos que preceden, necesariamente, a todo proyecto espacial, y en los que es nece-

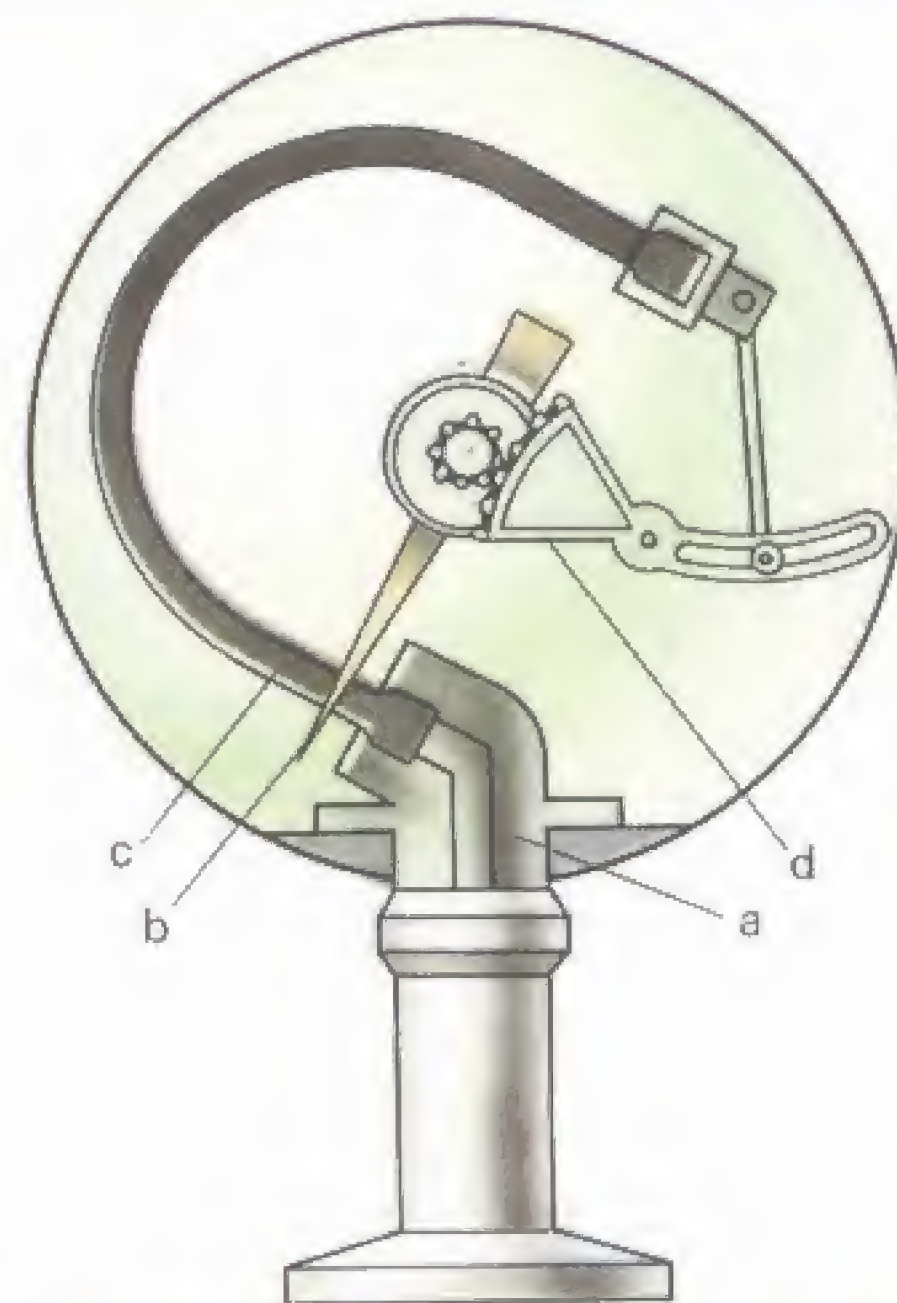


Ing. Brizio Basi & C., Milán



Arriba, a la izquierda, sección transversal de una bomba de vacío rotativa de tipo *Roots*. Está formada por dos émbolos rotativos engranados, que giran en sentido inverso, tangente uno con otro y con la superficie de la carcasa, pero sin contacto directo. Durante la rotación se aspira el fluido por las condiciones de baja presión que crea la sucesión alternada de los lóbulos. La bomba descrita es muy robusta desde el punto de vista mecánico y

necesita una mantención mínima, incluso cuando se utiliza de forma continua. Arriba, a la derecha, complejo de instalaciones para desalinizar el agua de mar; abajo, a la derecha, cámaras de vacío utilizadas en la misma instalación. A la derecha, vacuómetro, para medir el vacío, con tubo de *Bourdon*: a, conducto de conexión al recipiente; b, aguja indicadora; c, tubo de *Bourdon*; d, sistema de palancas.



sario simular las condiciones de vacío a las que se someterán después, durante el viaje, tanto los tripulantes como los sistemas e instrumentos instalados a bordo. Las cámaras de vacío de los aceleradores de partículas deben mantenerse, igualmente, a presiones muy bajas, de forma que no contengan, dentro de lo posible, partículas que puedan chocar con las que se aceleran (o que obstaculicen su movimiento) en los experimentos de Física nuclear.

Por lo general, en casi todos los casos, los buenos resultados de un experimento dependen casi exclusivamente de la pureza de los materiales utilizados y de la limpieza del ambiente donde se efectúa el experimento, por lo que se necesita un grado de vacío muy alto.

Bombas de vacío Se han ideado diversos tipos de bombas capaces de generar el vacío necesario tanto en la producción industrial como en los diferentes campos de la investigación. Las bombas normales de aceite tienen una válvula de entrada, por donde se aspira el gas del ambiente de donde se debe extraer éste, y un rotor que lo empuja, por una válvula de salida, a la atmósfera. Las bombas criogénicas utilizan temperaturas muy bajas para condensar sobre una superficie el gas no deseado. Las bombas de iones utilizan una fuente de electrones para ionizar las moléculas de gas que se tienen que eliminar.

Véase **Barómetro; Presión; Vacío**



Vacunación

En 1796, el médico inglés Edward Jenner practicó una incisión superficial sobre la piel de un niño de ocho años, llamado James Phipps, inoculándole el suero obtenido de una pústula de la ubre de una vaca. Jenner había observado que los individuos expuestos a la viruela vacuna o bovina (una enfermedad viral que afecta a las ubres de las vacas) eran inmunes a la viruela, temible enfermedad infecto-contagiosa que afectaba al hombre y que dejaba tremendas cicatrices en sus víctimas, cuando no les producía la muerte. Jenner sospechaba que las dos enfermedades estaban relacionadas de alguna manera e imaginaba que los ordeñadores, expuestos a la viruela vacuna, habían adquirido alguna forma de resistencia a la viruela propiamente dicha.

Seis meses después de haber efectuado la escarificación de la piel del pequeño Phipps con el suero de la viruela vacuna, Jenner inoculó al niño el pus procedente de una víctima de la viruela humana. Phipps, como los ordeñadores, no contrajo la enfermedad, ya que, como el médico sospechaba, había desarrollado una forma de inmunidad conferida por la cepa menos virulenta de la infección vacuna. Antes de publicar sus resultados en 1798, Jenner había vacunado con éxito a veintitrés personas, pero en aquella época sus afirmaciones fueron ridiculizadas. Sorprendentemente, transcurrió más de medio siglo desde el descubrimiento de Jenner hasta que se averiguó que las enfermedades infecciosas eran transmitidas por microorganismos.



En la actualidad, la vacuna contra la viruela se obtiene a partir de virus inoculados en animales.

La obra de Louis Pasteur Otro acontecimiento histórico en la utilización de las vacunaciones para prevenir las enfermedades contagiosas fue el protagonizado por el científico francés Louis Pasteur. En 1880, Pasteur, que estaba elaborando el primer estudio científico sobre las bacterias, intentó aislar los gérmenes responsables del cólera de las gallinas. Obtuvo un cultivo puro de la bacteria en el laborato-

rio, esperando demostrar posteriormente su existencia real inoculando el cultivo en las gallinas que, según su opinión, deberían contraer la enfermedad y morir al poco tiempo.

Las gallinas inoculadas no murieron, y el asombro de Pasteur fue reemplazado poco después por la conclusión de que, habiendo empleado una cepa bacteriana conservada durante demasiado tiempo, el germen producido era, en efecto, poco virulento y, por lo tanto, incapaz de provocar la enfermedad.

Experimentos posteriores revelaron que estas bacterias atenuadas (es decir, con menor virulencia) habían conservado la capacidad de estimular en los organismos de las gallinas la producción de anticuerpos, que después las habían protegido de sucesivas exposiciones a las bacterias virulentas del cólera.

Redescubriendo las verdaderas razones de la inmunización llevada a cabo por Jenner algunos decenios antes, Pasteur se dedicó a la investigación y realización de lo que él bautizó como *vacunas* (en honor a la obra de Jenner) para inmunizar a seres humanos contra enfermedades como la hidrofobia, o rabia, causada por un virus transmitido al hombre mediante la mordedura de animales infectados, generalmente perros.

Las vacunas A comienzos del siglo XX ya se conocían los mecanismos que regían la vida bacteriana y la inmunización: la difteria, el tétanos, la fiebre tifoidea y la fiebre amarilla se unieron a la lista de en-

MINISTERIO DE SANIDAD Y SEGURIDAD SOCIAL CALENDARIO DE VACUNACIONES

3 MESES	TETANOS	DIFTERIA	TOS FERINA	POLIOMIE-LITIS I			
5 MESES	TETANOS	DIFTERIA	TOS FERINA	POLIOMIE-LITIS I, II y III			
7 MESES	TETANOS	DIFTERIA	TOS FERINA	POLIOMIE-LITIS I, II y III			
15 MESES					PAROTIDITIS	SARAMPION*	RUBEOLA
18 MESES	TETANOS	DIFTERIA		POLIOMIE-LITIS I, II y III			
6 AÑOS	TETANOS			POLIOMIE-LITIS I, II y III			
11 AÑOS							RUBEOLA SOLO NIÑAS
14 AÑOS	TETANOS			POLIOMIE-LITIS I, II y III			

* PARA LOS NIÑOS EN SITUACION DE ESPECIAL RIESGO A LOS 9 MESES.



En la página anterior y sobre estas líneas, dos modos diferentes de realizar la vacunación antipoliomielítica: a los bebés, se les introduce directamente en la boca; a los niños algo mayores se les incluye la vacuna en un terrón de azúcar. Abajo, evolución de la vacunación contra la viruela: (a) inoculación de la vacuna; (b) entre los tres y cuatro días aparece un enrojecimiento,

posteriormente una vesícula y más tarde una pústula con depresión llena de un líquido purulento; (c) después de quince o veinte días aparece una costra; (d) la costra se desprende dejando una cicatriz. En la página anterior, abajo, el calendario de vacunaciones establecido por las autoridades sanitarias españolas siguiendo las directrices de la OMS.

Estos anticuerpos son capaces de reaccionar con un antígeno específico inactivándolo. Cuando el organismo es invadido por una sustancia extraña, como un virus, enferma. Si el organismo sobrevive al ataque, fabrica anticuerpos contra el virus, destruye los gérmenes invasores y queda inmunizado para ulteriores ataques producidos por el mismo invasor durante un cierto período de tiempo y, en ocasiones, para siempre. La vacunación utiliza este mecanismo introduciendo en el organismo un germen atenuado, muerto o transformado, pero capaz de inducir la respuesta inmune y sin el riesgo de producir la enfermedad.

En nuestros días, las vacunaciones forman parte de la asistencia sanitaria de rutina en la edad infantil. Los niños son vacunados contra la difteria, la tosferina y el tétanos mediante inyecciones. La vacuna contra la poliomielitis se administra a los

niños tanto por inyección como por vía oral en un terrón de azúcar.

En numerosos países, los niños son vacunados rutinariamente, según unos calendarios de vacunación previamente establecidos, contra otras enfermedades, como el sarampión, rubeola, parotiditis, etc. Los eficaces programas de vacunación han eliminado efectivamente algunas de las más terribles enfermedades, como la viruela, que según la OMS (Organización Mundial de la Salud), puede considerarse erradicada desde 1979 y que era uno de los grandes azotes para la Humanidad, como lo demuestra el hecho de que figuras de la talla de Voltaire ya se ocuparan de esta enfermedad en sus escritos.

Véase **Enfermedad; Enfermedades infecciosas; Inmunidad; Medicina preventiva; Paperas**

VOLTAIRE Y LA VIRUELA

Las mujeres de Circasia tienen la costumbre, desde tiempo inmemorial, de provocar la viruela a sus hijos, a partir de los seis meses de edad, haciéndoles una incisión en el brazo e inoculando en ella una pústula que ha sido previamente extraída con cuidado del cuerpo de otro niño. Esta pústula produce en el brazo donde se inyecta el mismo efecto que la levadura en un trozo de masa: fermenta y extiende por toda la sangre las cualidades que posee. Los granos de los niños que sufren esa viruela artificial sirven para provocar la enfermedad en otros. Este proceso se renueva constantemente en Circasia; cuando no hay viruela en el país hay tanta preocupación como en otros lugares la habría por un mal año (...). Los circasianos comprobaron que una persona entre mil era atacada dos veces por la viruela, (...) que se trataba de una enfermedad que atacaba sólo una vez en la vida. Descubrieron también que cuando la viruela es benigna y la piel del paciente fina y delicada, la erupción no deja marcas en el rostro. De estas observaciones naturales concluyeron que si una criatura de seis meses o un año tenía una viruela benigna, no moría, no le quedaban marcas en el rostro y no correría el riesgo de contraer la enfermedad en el resto de sus días.

VOLTAIRE: *Cartas filosóficas*. (Carta XI)

enfermedades contra las que podía ser vacunada la población.

En la actualidad, los virus atenuados se obtienen de numerosos tejidos animales. Las vacunas contra la fiebre amarilla, por ejemplo, se preparan a partir de virus cultivados en tejidos de simio.

En general, los virus suelen ser específicos. Cuando se hacen crecer en células de especies animales diferentes, tienden a perder su capacidad infecciosa original y a atenuarse. En consecuencia, pueden ser inyectados de nuevo en el huésped originario en el que provocan un estado de inmunidad sin causarle ninguna enfermedad.

Cuando el organismo en cuestión es un virus, se habla de vacunas, pero cuando se trata de toxinas, como en el caso del tétanos, se habla de *toxoides*. También los animales pueden ser vacunados contra numerosas enfermedades, algunas de ellas mortales.

Los anticuerpos Las vacunas actúan estimulando el sistema inmunitario para producir anticuerpos. Una sustancia extraña que penetra en el organismo se denomina *antígeno*. Cuando se exponen a determinadas células y tejidos del organismo, los antígenos estimulan la producción de las gammaglobulinas, unas proteínas comúnmente denominadas *anticuerpos*, o *inmunoglobulinas*.



Vanadio, niobio y tantalio

NOMBRE	VANADIO
SÍMBOLO	V
ETIMOLOGÍA DEL NOMBRE Y DEL SÍMBOLO	de Vanadis, diosa escandinava de la fertilidad
N. ATÓMICO	23
PESO ATÓMICO	50,942
ESTADO NATURAL	en los minerales carnotita, vanadinita, patronita y en los minerales de hierro, aluminio y cromo
DESCUBRIMIENTO Y AISLAMIENTO	Sefström (1830)
PRODUCCIÓN	tostación de la carnotita, lixiviación con disolución de sosa de la que se separa el óxido, del cual, por calcinación, se obtiene el metal
P. f. °C	1.890
P. eb. °C	-3.000
PESO ESPECIF. O DENSIDAD	5,96
COLOR	gris
PROPIEDADES Y APLICACIONES	metal dúctil y maleable empleado para la producción de catalizadores y de vidrios opacos a los rayos ultravioleta; constituyente de algunos aceros; sus compuestos son utilizados en la industria cerámica y como mordientes en la fabricación de colorantes

NOMBRE	NIOBIO
SÍMBOLO	Nb
ETIMOLOGÍA DEL NOMBRE Y DEL SÍMBOLO	de Niobe, hija de Tántalo
N. ATÓMICO	41
PESO ATÓMICO	92,906
ESTADO NATURAL	en la columbita, tantalita y pirocloro
DESCUBRIMIENTO O AISLAMIENTO	C. Hatchett (1801)
PRODUCCIÓN	del óxido por aluminotermia
P. f. °C	2.468
P. eb. °C	4.927
PESO ESPECIF. O DENSIDAD	8,6
COLOR	gris
PROPIEDADES Y APLICACIONES	metal de escasa utilización práctica; es utilizado en metalurgia como corrector de algunos aceros

NOMBRE	TANTALIO
SÍMBOLO	Ta
ETIMOLOGÍA DEL NOMBRE Y DEL SÍMBOLO	del nombre de Tántalo, personaje mítico
N. ATÓMICO	73
PESO ATÓMICO	180,948
ESTADO NATURAL	en los minerales columbita, tantalita y pirocloro (junto con el niobio)
DESCUBRIMIENTO O AISLAMIENTO	A. G. Ekeberg (1802)
PRODUCCIÓN	fusión con sosa de los minerales, tratamiento ácido y sucesiva cristalización fraccionada
P. f. °C	2.996
P. eb. °C	5.425
PESO ESPECIF. O DENSIDAD	16,6
COLOR	gris platino
PROPIEDADES Y APLICACIONES	metal químicamente inerte, usado para la fabricación de aparatos químicos especiales y de condensadores y en los intercambiadores de calor; sus aplicaciones, sin embargo, son limitadas

En el año 1801, el mineralogista español Andrés Manuel del Río creyó haber descubierto un nuevo elemento. Pero un químico francés le informó de que el supuesto elemento no era más que una sal impura del cromo, elemento descubierto cuatro años antes por otro químico francés. Del Río aceptó este juicio y abandonó su idea.

Sin embargo, A. M. del Río había descubierto, en efecto, un nuevo elemento, el cual sería redescubierto en 1830 por el químico sueco Nils Gabriel Sefström, que lo aisló de los residuos de algunos minerales. Debido a los llamativos colores que presentaban sus óxidos y sales, precipitadas o en disolución, Sefström asignó a este elemento el nombre de vanadio, derivado de Vanadis, diosa escandinava de la belleza y de la fertilidad.

En un escaso intervalo de tiempo fueron descubiertos dos nuevos elementos gemelos, el niobio (1801) y el tantalio (1802), parecidos al vanadio, pero mucho más parecidos entre sí. Los tres pertenecen a la misma familia química.

Durante el siglo pasado, el vanadio, el niobio y el tantalio fueron esencialmente un motivo de curiosidad. No se hallan en la Naturaleza en estado puro ni en grandes concentraciones minerales, por lo que resulta muy difícil su separación de los minerales en los que se encuentran. Por esta razón, el estudio de sus posibilidades tecnológicas no fue emprendido hasta 1950 aproximadamente, obteniéndose desde entonces en cantidades suficientemente grandes como para que su extracción sea rentable.

Elementos de transición y familia del vanadio El vanadio, el niobio y el tantalio pertenecen a un grupo de elementos llama-

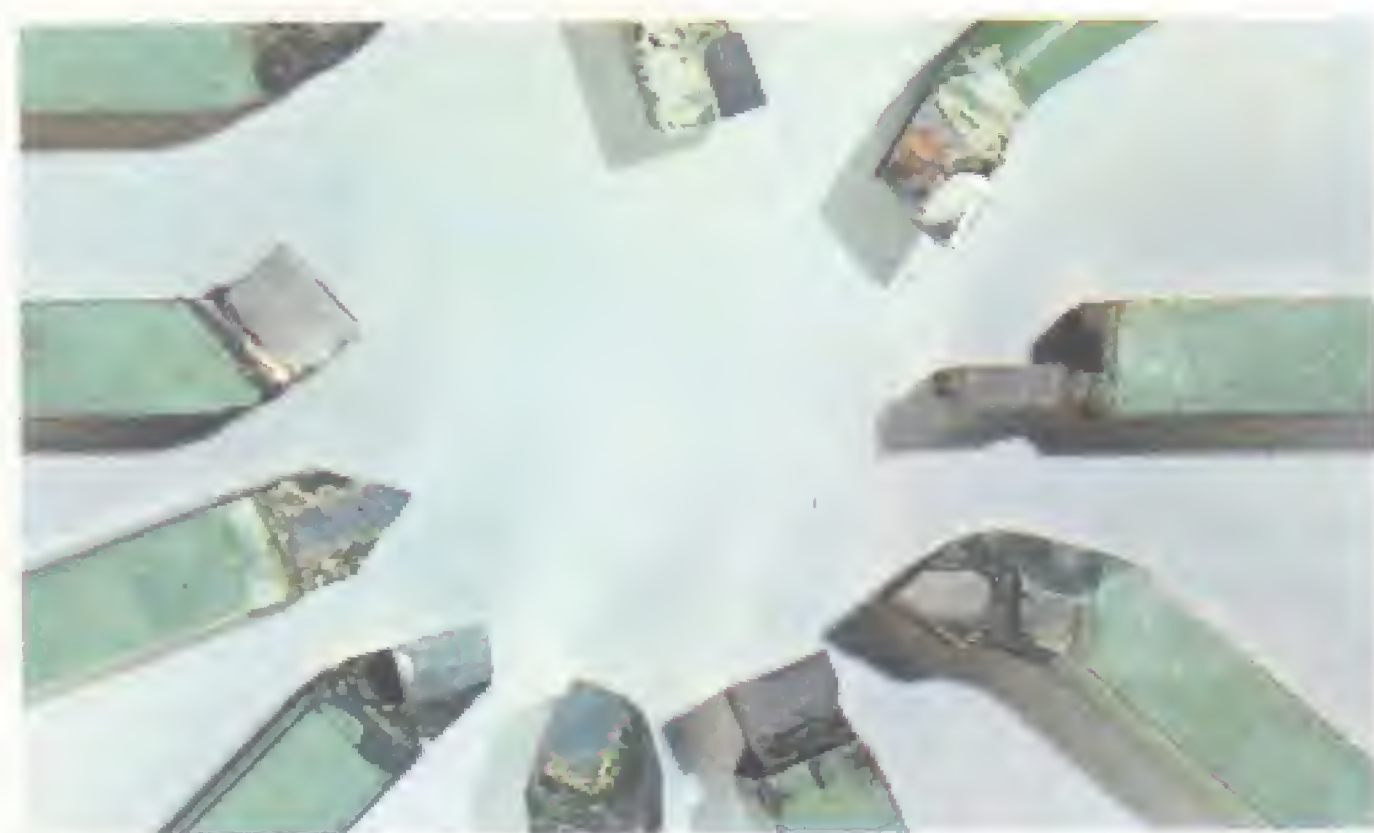
dos elementos de transición. Reciben este nombre por considerarse elementos intermedios (de transición) entre los más electropositivos y más electronegativos de cada período. Debido a su peculiar estructura electrónica, estos elementos tienen en común numerosas características. Son todos metales brillantes, buenos conductores de la electricidad y del calor, y la mayor parte de ellos tiene altos puntos de fusión y de ebullición.

El vanadio, el niobio y el tantalio pertenecen a un subgrupo de los elementos de transición: la familia del vanadio. Una familia de elementos está situada en una misma columna de la Tabla periódica. Esta familia se encuentra en la quinta columna



Abajo, la vanadita, el principal mineral del vanadio; a la izquierda, la aleación ferrovanadio. El vanadio, añadido a los aceros en una proporción muy baja, que puede oscilar entre el 0,1 % y el 5%, los hace más duros y resistentes. En la página siguiente, de izquierda a derecha y de arriba a abajo: auxenita, mineral constituido por una mezcla isomorfa de niobatos y tantalatos de tierras raras con titanatos; pirocloro, niobato de calcio con fluoruro de cloro; utensilios hechos en aleaciones de aceros que contienen tantalio (izquierda) y vanadio (derecha) y dos sales del vanadio: el sulfato de vanadio hidrato y el sulfato de vanadio.





(grupo 5 b). Encabeza el grupo el vanadio, seguido del niobio y del tantalio.

Producción y aplicaciones La confusión del químico francés respecto al vanadio no era totalmente injustificada. De hecho, éste se asemeja mucho al cromo, su vecino inmediato a la derecha en el Sistema Periódico y cuyo nombre se debe a los colores de sus compuestos (*chromium* deriva de la palabra griega que significa color). Al igual que el cromo, el vanadio es resistente a la corrosión a temperatura normal. Es químicamente activo, y en la Naturaleza no se encuentra en estado puro. Los principales minerales de los cuales es extraído son la vanadinita, la carnotita, la roscoelita y la patronita; es el más importante de los tres miembros de la familia a la que da nombre.

El vanadio se encuentra también en el mundo vegetal y animal; aunque todavía no es perfectamente conocida su ubicación en el interior de los organismos vivos, ha sido encontrado en las cenizas de algunas plantas y en los jugos de ciertos animales marinos. También se encuentran cantidades apreciables de vanadio en ciertos petróleos.

El niobio y el tantalio son muy similares y, durante mucho tiempo, fueron confundidos el uno con el otro. Se encuentran juntos en la Naturaleza en minerales como la columbita y la tantalita.

Algunos compuestos del vanadio son utilizados como colorantes para cerámica y vidrio. La mayor parte del vanadio que se obtiene actualmente es utilizada para fabricar un tipo de aleación metálica llamada *ferrovanadio*, que contiene cerca de un 85% de vanadio, un 12% de carbono y un 2% de hierro. El ferrovanadio no es un producto terminado por sí mismo, pero es utilizado como fuente de vanadio para su aleación con aceros. Los aceros vanadio son aleaciones con un bajísimo contenido (1,1%) de este último, aunque suficiente para aumentar apreciablemente la resistencia mecánica, la dureza y la resistencia del acero. Muchos utensilios que deben mantener su dureza, incluso cuando para su utilización tienen que calentarse, son fabricados con aceros que contienen del 0,1% al 5% de vanadio.

Puesto que el vanadio ofrece una alta resistencia al deterioro producido por las radiaciones, es utilizado cada vez más en la tecnología atómica.

El niobio se emplea principalmente para la fabricación de aceros de alta resistencia en utensilios de corte. También es importante en la dieta de algunos animales, como gallinas, ratones y ascidias, pero todavía no se ha descubierto el papel de los elementos del subgrupo del vanadio en el organismo humano.

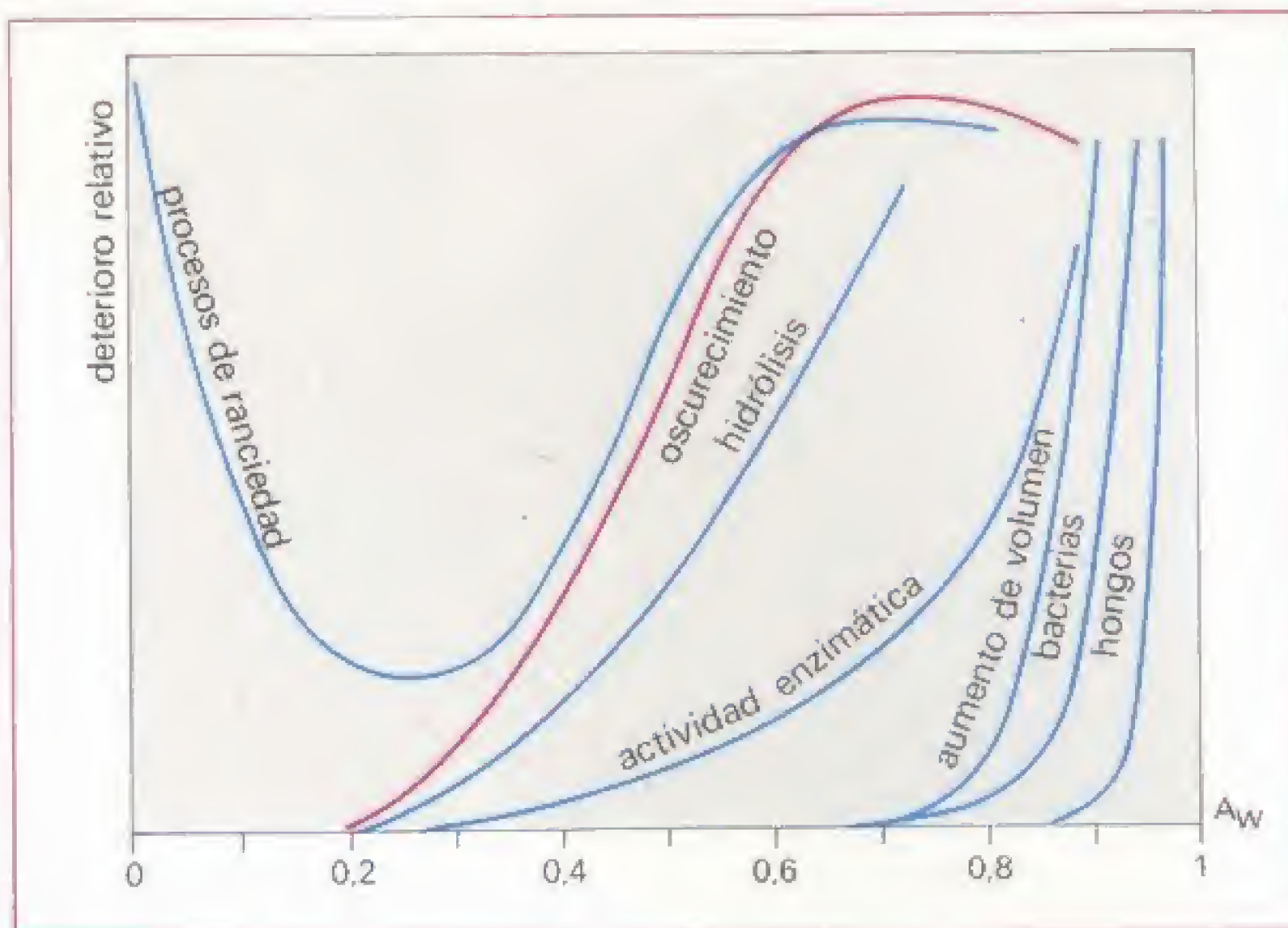
Véase **Cromo y molibdeno**; **Tabla periódica de elementos**

Vapor y tensión de vapor

La clásica, y en muchos aspectos incompleta, división de la materia en tres estados: sólido, líquido y gaseoso, presenta una dualidad de términos —por otro lado casi equivalentes— para designar el estado gaseoso. Así, mientras que se habla de *gas* para referirse a aquellas sustancias que en nuestra experiencia diaria reúnen las características de este estado de la materia, se reserva el término *vapor* para designar el ocasional, y a veces excepcional, estado gaseoso de sustancias que en condiciones normales de presión y temperatura son más estables en su fase líquida. En este sentido se habla de vapor de mercurio o hidrógeno gaseoso.

Una visión molecular Las moléculas de un líquido se encuentran en continuo movimiento aleatorio en todas direcciones, y ese movimiento sólo es restringido por la estructura del recipiente que lo contiene y las fuerzas de cohesión intermoleculares. A cualquier temperatura, una molécula puede llegar a la superficie con suficiente energía como para vencer la atracción de las demás y escapar del líquido, adquiriendo las propiedades generales del estado gaseoso. Este proceso recibe el nombre de *vaporización*. Si el recipiente que contiene el líquido está abierto, las moléculas de vapor de la superficie se difunden en la atmósfera, pasando a ocupar un volumen 1.600 veces mayor. Por el contrario, si está cerrado, quedan confinadas en un espacio reducido, y en su errático movimiento chocan contra las paredes del recipiente, ejerciendo una presión tanto mayor cuanto más grande sea el número de moléculas evaporadas. A su vez, algunas chocan con la superficie del líquido, penetrando en él y quedando nuevamente retenidas por las fuerzas de cohesión, diciéndose entonces que el vapor se condensa.

Pasado un cierto tiempo, y siempre que la temperatura del líquido permanezca es-



El diagrama (izquierda) muestra los efectos que ejerce el agua sobre la caducidad de los alimentos. A_w es un factor que indica la relación existente entre la tensión de vapor del agua contenida en el alimento y la ambiental. Cuando A_w alcanza valores muy bajos, como es el caso de los alimentos desecados, tienen lugar procesos de ranciedad. Cuando A_w tiende a la unidad (su valor máximo), se producen fermentación y enmohecimiento. (alimentos húmedos).

table, el número de moléculas que se condensa es igual al que se vaporiza. A partir de ese momento los dos procesos continúan verificándose a la misma velocidad (y se dice que el recinto está saturado de vapor). La fuerza ejercida por las moléculas de vapor contra el recipiente —conocida como *presión* o *tensión de vapor*— permanece constante, y es la máxima que puede ejercer para esa temperatura.

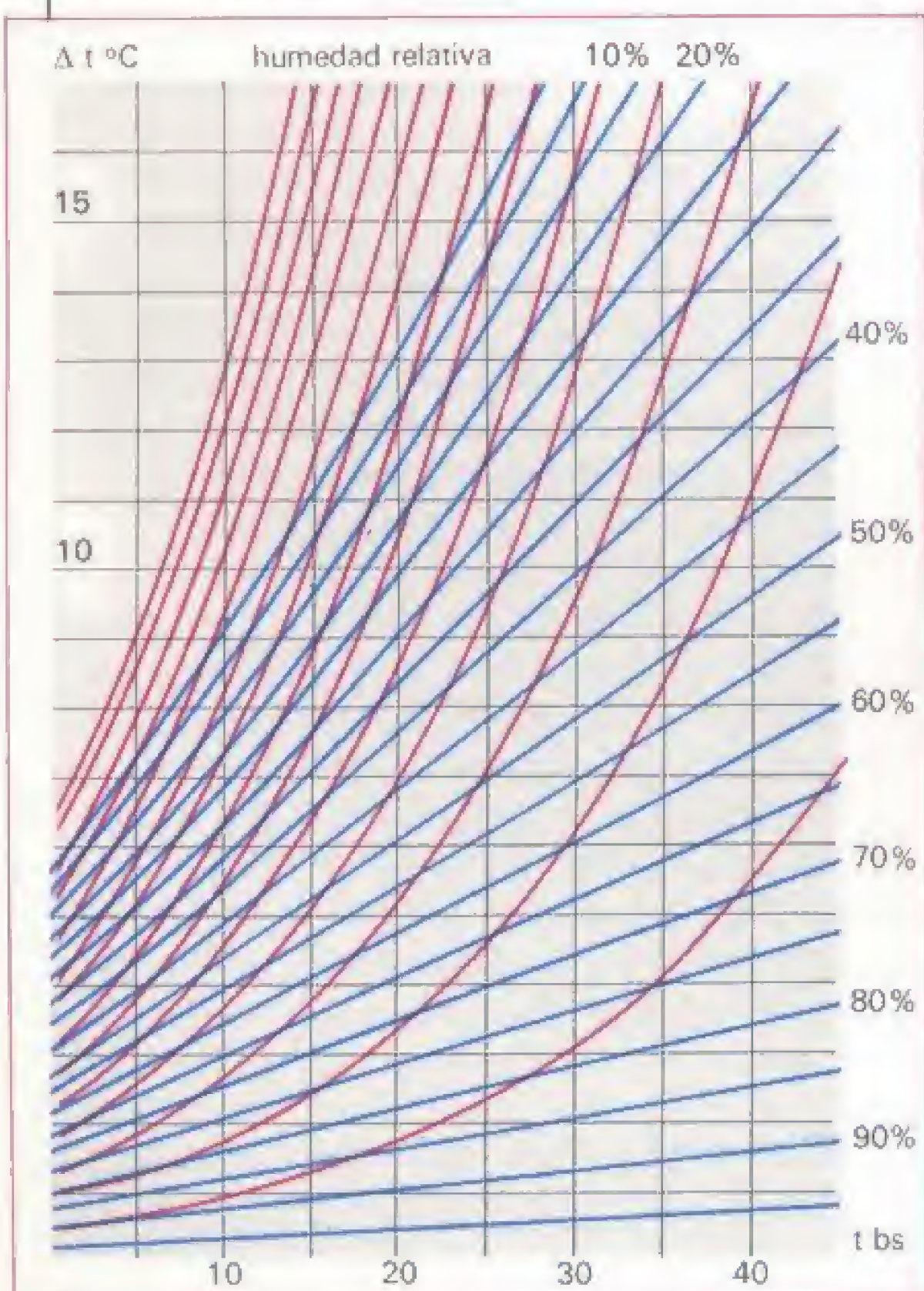
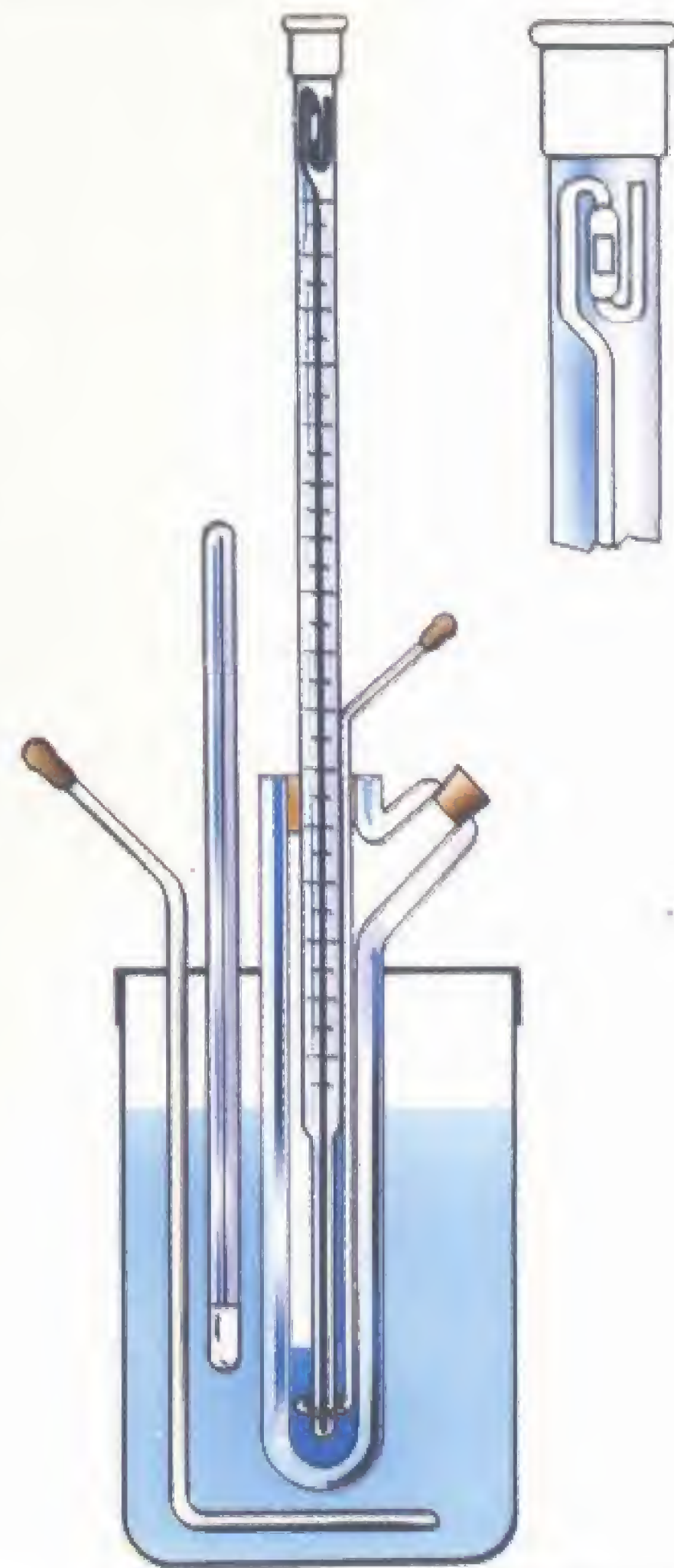
La velocidad de evaporación de un líquido se acelera al aumentar la superficie libre de exposición al aire. Esta característica se utiliza en los depósitos de las salinas, de poca profundidad y gran extensión, para separar la sal del agua de mar. La velocidad de evaporación también aumenta con la temperatura del líquido y con la agitación del aire en su entorno. De ahí la costumbre de tender la ropa al sol (aumenta la temperatura) en lugares don-

de sople viento para que se seque más rápidamente.

Ebullición y altitud En todo líquido existen siempre pequeñas burbujas (llamadas *gérmenes de ebullición*) formadas por aire disuelto o retenido en las irregularidades de las paredes del recipiente. Estas burbujas, imperceptibles de ordinario a simple vista, contienen líquido en estado de vapor. A medida que se calienta, la vaporización se hace cada vez más intensa, y la tensión de vapor en el interior de las burbujas aumenta. A una determinada temperatura —denominada *temperatura de ebullición*— la tensión de vapor de las burbujas alcanza valores ligeramente superiores a la presión atmosférica, entonces las burbujas ascienden por el líquido de manera tumultuosa, rompiéndose en su superficie. Mientras tiene lugar el proceso

Abajo, un psicrómetro utilizado para medir la humedad relativa del aire. Consta de dos termómetros, uno en contacto con el aire y el otro con el bulbo rodeado por una tela sumergida en un depósito de agua. La evaporación sobre

la tela hace que este termómetro marque siempre una temperatura menor. La humedad relativa se calcula mediante lecturas termométricas y diagramas psicrométricos como el que se representa a la izquierda.



Un fenómeno espectacular de la Naturaleza es el vulcanismo secundario, que se manifiesta en forma de chorros de vapor (sifones) y de agua caliente (géiseres). En la fotografía de la derecha, una instalación para aprovechamiento de la energía contenida en el calor del vapor de agua. Mediante un mecanismo similar al de las máquinas de vapor, se lleva a cabo la transformación del calor en energía mecánica, y de ésta en electricidad. Este fenómeno

natural proporciona una fuente de energía barata y limpia. Bajo estas líneas, diagrama de la presión de vapor de distintas sustancias en función de la temperatura, obtenida usando la ecuación $\log P = A/T + B \log T + C$, donde P es la presión de vapor y T la temperatura absoluta. A , B y C son constantes. Las sustancias más volátiles se encuentran en la parte superior del gráfico y las menos volátiles en la región inferior. El agua se encuentra, precisamente, en una posición intermedia.



de ebullición y, hasta que todo el líquido se ha transformado en vapor, la temperatura se mantiene constante si la presión no varía. En consecuencia, el calor absorbido por el líquido se transforma en la energía necesaria para vencer las fuerzas intermoleculares y la presión exterior.

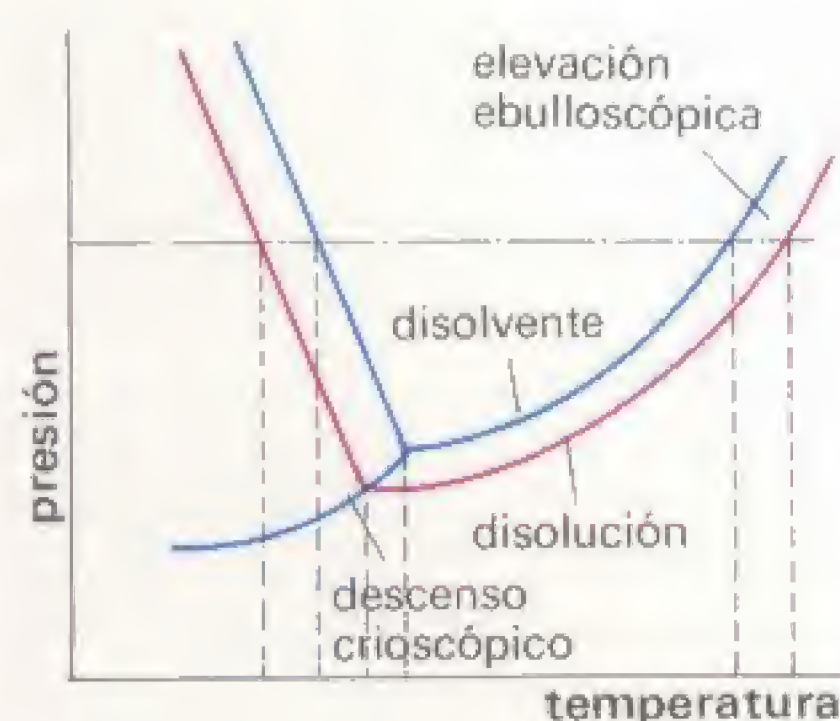
Por lo tanto, los valores de la presión exterior condicionan de tal manera la temperatura de ebullición de cualquier líquido

do, que la afirmación de que el punto de ebullición del agua es 100 °C sólo es rigurosamente cierta a nivel del mar, de forma que, por ejemplo, es necesario alcanzar los 200 °C para que el agua empiece a hervir en una caldera de vapor, donde la presión sea de 15 atmósferas. De la misma manera, a gran altitud el agua hierve a temperaturas inferiores a los 100 °C. En la cumbre del Mont Blanc, por ejemplo, que se encuentra a una altura de 4.810 m y donde la presión es algo superior a media atmósfera, el agua ya comienza a hervir a 84 °C

El extraordinario aumento de volumen que experimenta el agua líquida al pasar al estado de vapor fue utilizado por los ingenieros del siglo pasado para construir las primeras máquinas térmicas. El agua, calentada en enormes calderas, actuaba como agente convertidor de energía calorífica en energía mecánica. Su uso se extendió rápidamente en las fábricas, estando en la base de la Revolución Industrial —iniciada en Inglaterra— y provocando una sustancial modificación en las estructuras productivas, sociales y económicas de la época.

Vapor de agua De entre los constituyentes que forman la atmósfera el vapor de agua es el único que se encuentra en proporciones muy variables, y su concentración depende de la temperatura del aire que lo contiene. Su gran capacidad de absorción de calor le convierte en el vehículo responsable del mecanismo de transporte de energía desde las zonas ecuatoriales y subtropicales hasta las latitudes altas y las regiones polares, contribuyendo a una redistribución de calor sobre el planeta. El agua absorbe el calor necesario para evaporarse (*calor de vaporización*) en los océanos situados en latitudes bajas, que son las superficies de máxima radiación, y en este estado es transportado a las regiones frías, donde se condensa de nuevo cediendo al aire el calor previamente absorbido (*calor de condensación*), y precipitando en forma de lluvia o nieve, volviendo finalmente al mar, cerrándose así el ciclo.

Véase Agua; Agua, ciclo del; Turbina de vapor

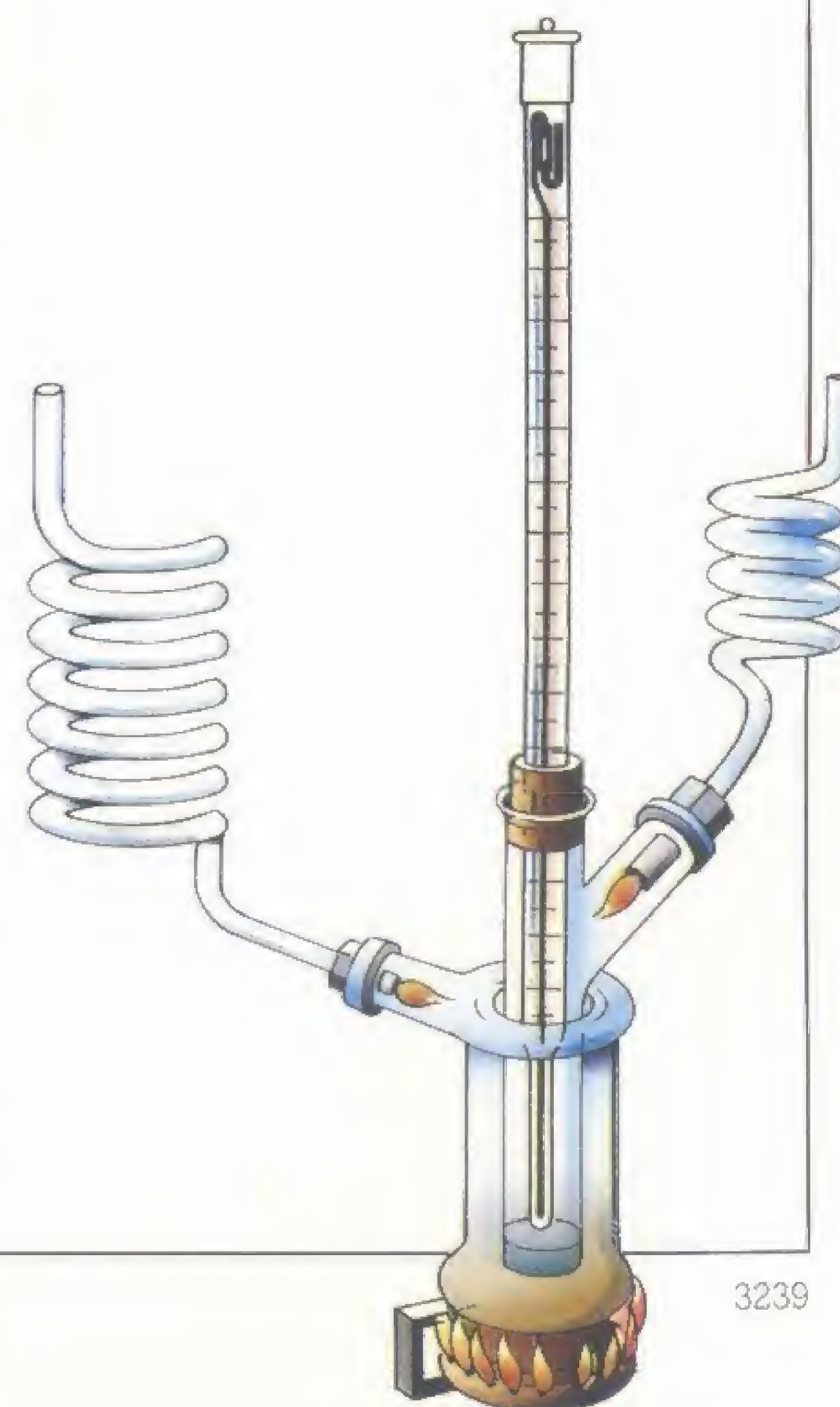


Sobre estas líneas, el diagrama presión-humedad, conocido como *curva de estado*, para un líquido (trazo curva azul) y para el mismo líquido con un sólido disuelto (trazo rojo). Se observa cómo la

adición de impurezas disminuye el punto de congelación y aumenta el de ebullición. El primer fenómeno se mide con el *crioscopio*, a la izquierda, que lleva incorporado un termómetro de precisión.

A la derecha, un ebulloscopio para determinar el peso molecular de las sustancias disueltas en una disolución. El instrumento se basa en el descenso que, al añadir una sustancia extraña, experimenta

la presión de vapor de un líquido, lo que lleva consigo un aumento del punto de ebullición. La medida de la variación de la temperatura de ebullición proporciona el peso molecular de la sustancia añadida.



Vegetación, mapa de

En los tiempos prehistóricos, la Humanidad tuvo que aprender a identificar las plantas con el fin de saber distinguir entre las comestibles, las venenosas y las medicinales. Desde cierto punto de vista, este trabajo supuso el establecimiento de las bases de la Botánica, que es la más antigua entre todas las ciencias. En el año 1494 antes de Cristo, la reina Hatshepsut de Egipto envió una expedición botánica a la misteriosa tierra de Punt, que se encontraba probablemente en Somalia. Las naves trajeron a su regreso 31 árboles, tratados con gran cuidado junto con otros ejemplares. Desde entonces, muchos naturalistas y exploradores han viajado a los rincones más remotos del planeta en busca de plantas útiles o exóticas.

A mediados de 1700, la exploración botánica toma una nueva dirección: Linneo, botánico sueco, elaboró un sistema de clasificación y de nomenclatura de las plantas de acuerdo con la estructura y disposición de sus órganos reproductores. Su método fue tan minucioso que aún hoy sigue vigente. Linneo exploró las regiones más nórdicas de Escandinavia para encontrar plantas nuevas y clasificarlas; confeccionó asimismo mapas y efectuó cuidadosas anotaciones sobre la ubicación de la flora local. Casi en los mismos años, el naturalista alemán Alexander von Humboldt sentó las bases de una nueva ciencia, la Ecología, resultado de su expedición científica a Sudamérica. Humboldt trazó minuciosos mapas de la comunidad vegetal, describiendo la relación de varias plantas con otras especies, con el clima y con su altura sobre el nivel del mar. Analizando las plantas situadas en diversas altitudes sobre una montaña, formuló por primera vez el concepto de *zona biótica*.

En la actualidad, la labor del botánico continúa. Todavía quedan sobre la Tierra plantas por descubrir y mucho por aprender acerca del mundo de los vegetales, incluyendo el valor potencial de las plantas en la alimentación y en la medicina, y, sobre todo, en el equilibrio y la evolución de la biosfera.

Las comunidades vegetales y los factores ambientales que influyen en ellas Sobre la Tierra existe una enorme variedad de plantas (se piensa que cerca de 400.000 especies), que forman comunidades vegetales bastante difíciles de describir con precisión.

Una comunidad vegetal es una combinación de especies vegetales con una determinada localización geográfica. Cualquiera que sea su dimensión, la comunidad tiene que hallarse dentro de un área precisa. Aunque en ella se puedan encontrar muchas especies (en algunas, hasta decenas de millares), predominan ciertas especies en concreto, que son las que se toman como base para definir y denominar a la comunidad. Así, por ejemplo, un bosque caducifolio de la zona templada está caracterizado por la presencia de ciertos árboles caducifolios fácilmente identificables, como arces, hayas u olmos;

La distribución de la vegetación sobre la superficie terrestre no es casual, sino que está estrechamente ligada a factores climáticos, históricos, ambientales y edáficos. Los factores climáticos comprenden: temperatura, precipitaciones, vientos y luz. La temperatura varía según la latitud y la altitud. En el primer caso se halla ligada a la forma de la Tierra y a su inclinación respecto al Sol. En efecto, mientras que en las regiones ecuatoriales los rayos solares llegan perpendicularmente, éstos inciden más oblicuos a medida que nos alejamos de las regiones ecuatoriales, incidiendo casi paralelos en los polos. Las variaciones latitudinales de la temperatura no son, sin embargo, iguales y simétricas en los dos hemisferios, pues las temperaturas están influenciadas por la irregular distribución de las tierras emergidas, por la dirección de las cadenas montañosas y por las masas

oceánicas. Estas cubren el 70% de la superficie terrestre y predominan en el Hemisferio austral, atenuando las temperaturas extremas, mientras que el Hemisferio septentrional está influenciado por las grandes corrientes oceánicas (corriente atlántica del Golfo y pacífica del Kuro Siwo), que aumentan las oscilaciones térmicas con un máximo estival y un mínimo invernal. Basándonos en la distribución de la temperatura y en su influencia en el desarrollo de la vegetación, podemos dividir la superficie terrestre en siete franjas climáticas. Las precipitaciones, si bien alcanzan un valor muy alto en el Ecuador y son inferiores en los polos, no presentan variaciones dependientes de la latitud. En cuanto a la luz, las plantas acusan sensiblemente su influencia, fundamentalmente por la fotosíntesis. En la distribución de la vegetación tiene mucha importancia

la duración del periodo de iluminación: las plantas reflejan mucho la duración del día; algunas pueden florecer sólo en un "día largo", otras pueden hacerlo en un "día corto". El viento influye sobre las plantas en modos distintos: en el aspecto fisonómico, como agente de diseminación y como factor climático,

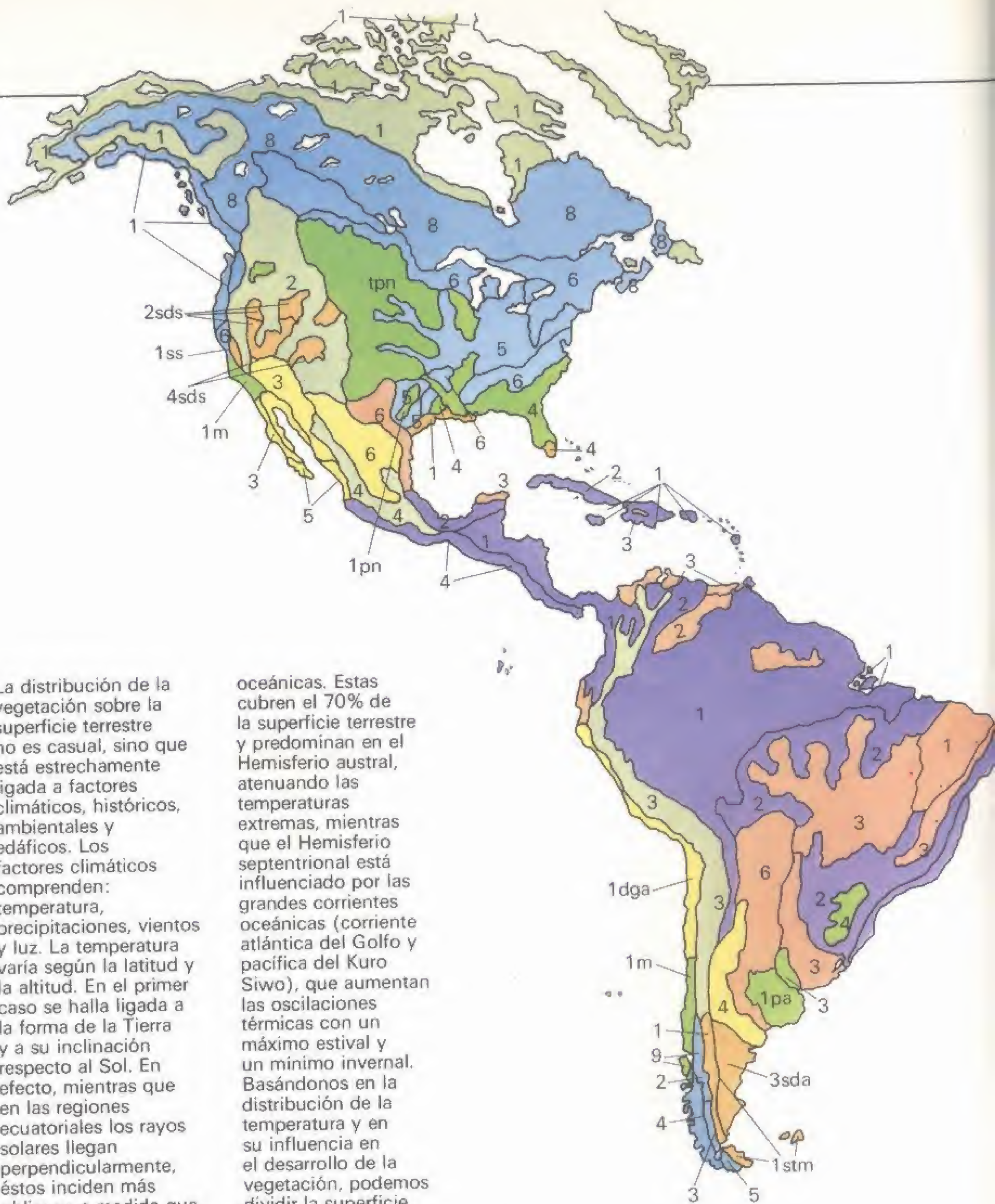
favoreciendo las precipitaciones e influyendo en la evaporación. Por último, el suelo es el sustrato obligado de la vegetación y a su vez está influenciado por el clima en su formación. Este hecho determina un ciclo formado por tres elementos: clima - suelo - vegetación, estrechamente vinculados entre sí.

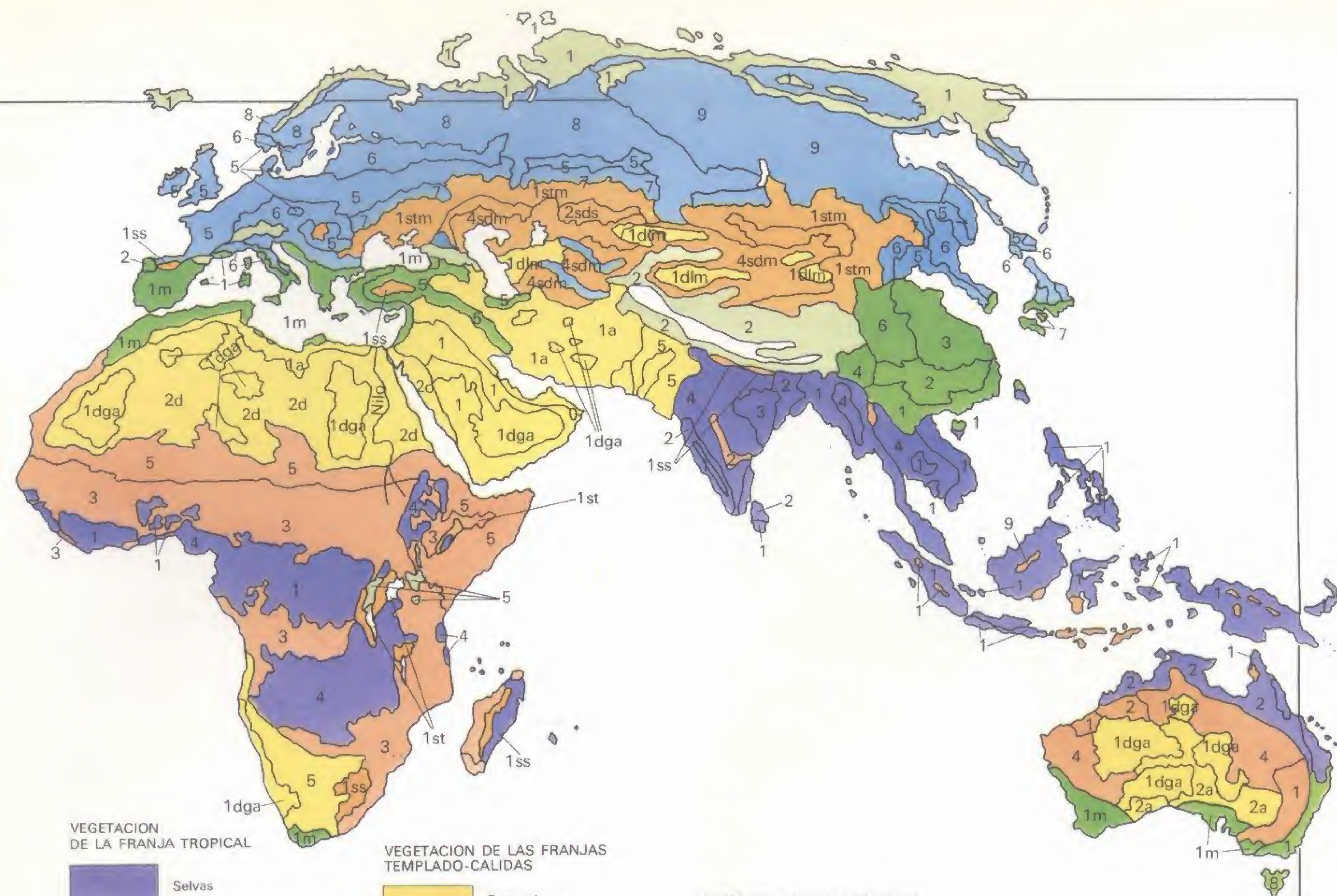
esto no quiere decir que no haya otras plantas en el bosque; al contrario, encontramos gran variedad de especies: matorrales, helechos, musgos y hongos; aunque el nombre que se le da al bosque deriva del de las plantas más características antes mencionadas.

Existen diversos factores ambientales que influyen en la composición de las comunidades vegetales. Como en ellas suele haber una competencia muy fuerte entre especies, la influencia de estos factores, al perjudicar a unas y beneficiar a otras, modifica notablemente su equilibrio: variaciones mínimas en las precipitacio-

nes anuales o en las temperaturas máximas y mínimas en una región determinada pueden destruir muchas plantas y propiciar la aparición de otras, que reemplazan a aquellas que no han sabido resistir esas variaciones. Por ejemplo, durante el largo periodo cálido que se verificó en el siglo pasado en Norteamérica, las plantas árticas se extinguieron de su hábitat, en las regiones meridionales, dejando paso a otras plantas de la zona templada, que a su vez se habían desplazado hacia el norte para asentarse en aquellas áreas.

Además de los factores climáticos que acabamos de citar, también el tipo de sue-





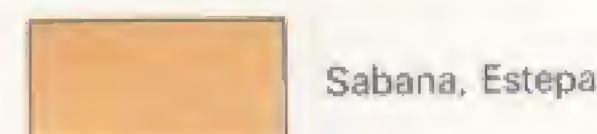
VEGETACION DE LA FRANJA TROPICAL



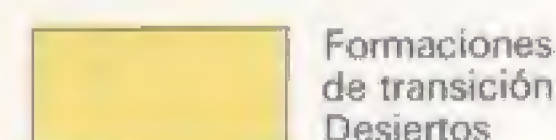
Clima tropical: muy caluroso, lluvias bien repartidas durante todo el año
 1 Selvas con grandes hojas siempre verdes (pluvilsilvas) terrestres y acuáticas
Clima subecuatorial: muy caluroso, dos estaciones secas, dos húmedas
 2 Selvas mixtas de frondosas siempre verdes y caducifolias
 3 Selvas de frondosas caducifolias, sotobosque arbustivo con hojas siempre verdes
 4 Selvas de frondosas caducifolias



Clima tropical: muy caluroso, estación lluviosa breve, estación seca larga
 1 Formaciones mixtas de frondosas caducifolias, estepa (*caatinga*)
 2 Formaciones arbóreas abiertas de frondosas caducifolias
 3 Formaciones arbustivas de frondosas caducifolias
 4 Praderas pantanosas, árboles dispersos o arbustos frondosos siempre verdes

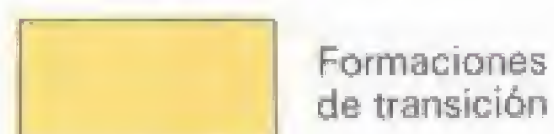


1 Sabana arbolada de frondosas siempre verdes
 2 Sabana arbolada mixta de frondosas siempre verdes y caducifolias
 3 Sabana arbolada de frondosas caducifolias
 4 Sabana arbustiva de frondosas siempre verdes
 6 Sabana arbustiva mixta de frondosas siempre verdes y caducifolias
 6 Sabana arbustiva de frondosas caducifolias
Clima árido: muy caluroso, lluvias muy escasas e irregulares
 1st Estepas tropicales



1ft Estepas semidesérticas con arbustos enanos frondosos caducifolios
 2d Desiertos tropicales, vegetación escasa

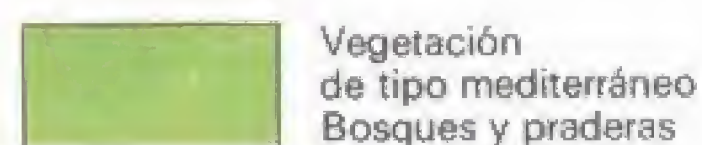
VEGETACION DE LAS FRANJAS TEMPLADO-CALIDAS



Clima seco: calor, precipitaciones escasas e irregulares
 1a Semidesiertos esteparios
 2a Semidesiertos esteparios con arbustos frondosos siempre verdes (*mulgascrub*)
 3 Semidesiertos (arbustos frondosos siempre verdes)
 4 Semidesiertos (arbustos frondosos siempre verdes y caducifolios)
 5 Semidesiertos (arbustos frondosos siempre verdes y caducifolios en formaciones cerradas)
 6 Semidesiertos (arbustos frondosos caducifolios en formaciones abiertas)



1ss Estepas subtropicales



Clima mediterráneo: calor, máximas precipitaciones en invierno
 1m Vegetación de tipo mediterráneo
Clima húmedo: calor, máximas precipitaciones en verano
 1 Bosques de frondosas siempre verdes
 2 Bosques de frondosas siempre verdes y caducifolias
 3 Bosques de frondosas caducifolias
 4 Bosques de frondosas siempre verdes, caducifolias y aciculifolias siempre verdes
 5 Bosque mixto de frondosas siempre verdes, caducifolias y aciculifolias
 6 Bosque mixto de frondosas caducifolias y aciculifolias siempre verdes
 1pa Pampa argentina
Clima oceánico: temperatura suave (16-17 °C), precipitaciones repartidas durante todo el año
 7 Bosques de frondosas siempre verdes
 8 Bosques de frondosas siempre verdes con coníferas australes
 9 Bosques de frondosas siempre verdes, caducifolias y coníferas australes



VEGETACION DE LAS FRANJAS TEMPLADO-FRIAS



Clima oceánico: templado, temperaturas extremas en verano e invierno, precipitación media anual sobre 2.000 mm
 1 Bosque de aciculifolias siempre verdes
 2 Bosques de frondosas siempre verdes, caducifolias, coníferas australes, aciculifolias siempre verdes australes
 3 Bosque de frondosas siempre verdes australes
 4 Formaciones arbustivas sobre suelo turboso y semicenagoso
Clima húmedo: continental o con influencia oceánica sobre la costa atlántica, verano caluroso, invierno frío, precipitaciones anuales de 200 a 2.000 mm
 5 Bosque de frondosas caducifolias
 6 Bosque mixto de frondosas caducifolias y aciculifolias siempre verdes
 7 Formaciones arbóreas con frondosas caducifolias y sotobosque estepario



1pn Praderas norteamericanas



Clima seco: verano caluroso, invierno frío, precipitaciones anuales inferiores a 200 mm
 1stm Estepas de las latitudes medias
 2sds Semidesiertos esteparios con arbustos enanos de grandes hojas siempre verdes
 3sda Semidesiertos esteparios con arbustos de grandes hojas siempre verdes y caducifolias
 4sdn Semidesiertos con arbustos enanos de grandes hojas siempre verdes



1dlm Desiertos de las latitudes medias

VEGETACION DE LA FRANJA FRIA



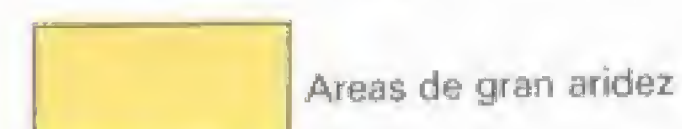
8 Bosque de frondosas siempre verdes (taiga)
 9 Bosque de aciculifolias caducifolias

VEGETACION DE LA ZONA POLAR TIPOS DE VEGETACION DE MONTAÑA



Vegetación de montaña de la zona templado-fría boreal
 Vegetación de montaña de la franja tropical y templado-cálida
 1 Tundra con vegetación mixta de musgo y líquenes con plantas vasculares
Clima de la franja templado-fría boreal: frío, precipitaciones todo el año
 2 Cadenas montañosas norteamericanas (dirección de los meridianos) y euroasiáticas (dirección de los paralelos)
 Clima de la franja tropical y templado-cálida
 3 Cadenas andinas
 4 Sierras mexicanas
 5 Macizo de Ruwenzori, Kenya, Kilimanjaro

ZONAS DE CLIMAS EXTREMOS



1dga Vegetación ausente o muy reducida



1 Falta de vegetación macroscópica, heladas polares y nieves perpetuas

lo adquiere gran importancia en las comunidades: ésto se puede ver claramente al estudiar la conquista por la vegetación de suelos esqueléticos, como pueden ser las altas cumbres, las dunas, las escombreras o las lavas. Existen ciertas especies "pioneras" que crecen en primer lugar y alteran el suelo; después desaparecen y dejan sitio a otras a medida que aquél va evolucionando y enriqueciéndose. Los factores geomorfológicos, como el relieve, la pendiente y la inclinación del terreno, también influyen en la composición y distribución de las comunidades: en las montañas podemos observar las diferencias de vegetación entre las solanas y las umbrías, entre las laderas y los fondos de los valles. Los demás seres vivos también influyen en las comunidades vegetales: insectos, pájaros y otros animales son indispensables para la polinización y la dispersión de las semillas de ciertas plantas, la creación de condiciones favorables en el suelo depende en parte de lombrices, etc., y, además, los animales que se alimentan de plantas ejercen por lo general una acción selectiva sobre la vegetación. Lo mismo ocurre con el fuego, ya que hay plantas que se han acostumbrado al paso de los incendios y germinan con más fuerza después de que éstos se producen; el viento y otros factores también dejan su huella en la vegetación, y no digamos la acción del hombre, que es la que más ha alterado la vegetación natural sobre la superficie de la Tierra.

Elaboración de un mapa mundi de las plantas: las grandes formaciones

Los

biogeógrafos y botánicos encuentran numerosas dificultades a la hora de realizar mapas de la vegetación, ya que los límites entre las comunidades no son precisos, al existir una sucesión gradual; de todas formas, una vez puestos de acuerdo acerca de los nombres de las distintas comunidades, se pueden elaborar mapas de gran utilidad donde se refleja la confluencia de los factores antes mencionados, y que proporcionan gran cantidad de información tanto para la silvicultura y agricultura como para el urbanismo, las obras hidráulicas o de protección de terrenos, la protección de la Naturaleza o el estudio de la sucesión de las comunidades.

Los primeros mapas de vegetación fueron los elaborados por Cassini (hacia el año 1870), para el sur de Francia. A finales del siglo pasado, Drude y Brackenbusch trazaron mapas de vegetación de zonas de Alemania y Argentina, respectivamente. En estos mapas se trata de dar una idea, sirviéndose de colores, de las condiciones climáticas en las que se desarrolla la vegetación: el azul significa humedad, el amarillo sequía, etc. Las grandes formaciones que aparecen en ellos son:

- *selvas ecuatoriales y tropicales*: las selvas ecuatoriales poseen un régimen climático uniforme, con temperaturas elevadas y lluvias abundantes durante todos los meses del año, que suelen superar los 1.500 mm. Al no existir estación fría o seca, las plantas son siempre verdes y crecen sin interrupción.

Las asociaciones vegetales caracterizadas por una o unas pocas especies son muy raras; lo típico de estas selvas es, por

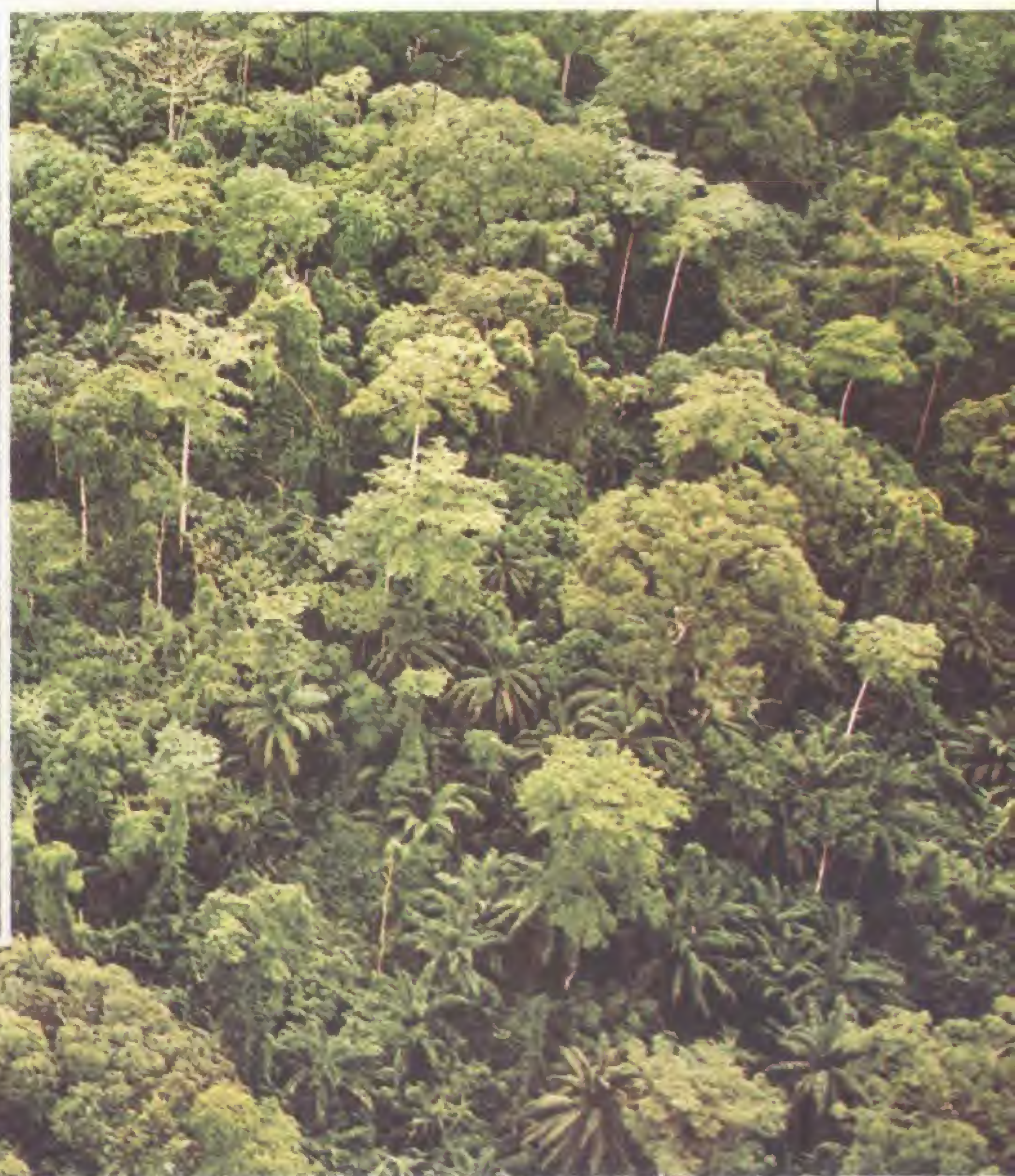
el contrario, la existencia de una enorme variedad de especies. Por ejemplo, sólo en Indonesia se han descubierto 30.000 especies de plantas con flor patente (Angiospermas). La gran densidad hace que los árboles carezcan, por lo general, de ramas bajas y concentren sus hojas en lo más alto, en busca de la luz. Cerca del suelo, la selva vive en un constante crepúsculo, por lo que tiene menos plantas que otros tipos de selvas. En cambio, son muy abundantes las lianas y enredaderas, así como las plantas que crecen directamente sobre los árboles. La selva virgen no es, pues, impenetrable, al contrario que la jungla, que es la selva alterada por el hombre, que ha cortado o quemado los árboles y en la que la maleza formada por arbustos, bambúes, etc. forma una auténtica barrera.

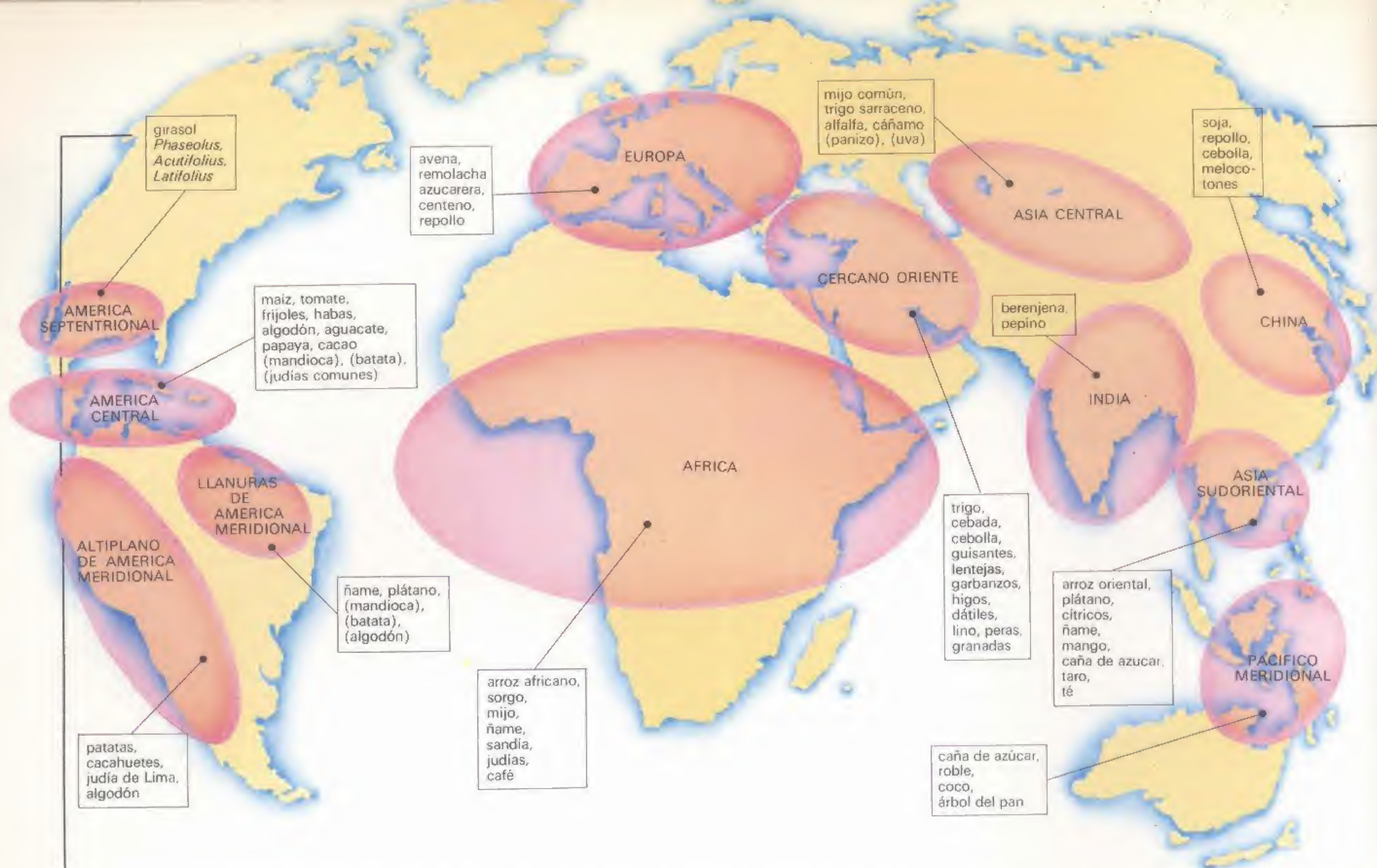
Las selvas tropicales no tienen la uniformidad climática de las ecuatoriales, sino que están sometidas a un ciclo anual con una estación húmeda, más larga, y otra seca en la que las temperaturas son algo más bajas. Estas selvas se encuentran principalmente en Asia meridional y sudoriental (régimen monzónico), y no son tan ricas en especies como las ecuatoriales, aunque por lo demás son bastante parecidas a ellas;

- *bosque monzónico*: en las mismas regiones que la selva tropical, pero más al interior, se desarrolla el bosque monzónico, que tiene menos densidad de árboles, y, en cambio, un mayor desarrollo de los estratos inferiores de vegetación. Buena parte de las especies son ya caducifolias, lo que supone una adaptación a la esta-

En la página siguiente, arriba, a la izquierda, vegetación de la taiga de Siberia central con abetos y pinos bien adaptados a una situación climática extremada, por su resistencia a la sequedad (el suelo está helado la mayor parte del año): en efecto, las hojas aciculares tienen una superficie muy reducida y una gruesa cutícula externa que reduce al mínimo la evaporación del agua. A su derecha, una selva de frondosas siempre verdes, llamada pluvisilva por ser típica de zonas de altísima humedad atmosférica, en las cuales las precipitaciones superan los 2.000 milímetros al año. A la derecha de estas líneas, reconstrucción de un ambiente del Oligoceno. El tipo de vegetación testimonia un clima más frío que el de los períodos precedentes, pero con temperaturas no inferiores a las medias actuales.







ción seca que también es la más fría. El árbol que predomina en este tipo de bosque es la teca (*Tectona grandis*). En otras áreas, como América central y meridional o el norte de Australia, se encuentran bosques caducifolios similares a los monzónicos en muchos aspectos;

- **bosque templado perennifolio o laurisilva:** corresponde a un clima bastante uniforme y templado, con abundantes lluvias durante todo el año. Este clima se da en las áreas ecuatoriales a grandes altitudes (por ejemplo, en el macizo de Ruwenzori, en África), en ciertos bordes continentales y en islas como las Canarias y las Azores. El bosque está formado por pocas especies de árboles, que tienen, por lo general, hojas coriáceas muy semejantes a las del laurel;

- **bosque templado caducifolio:** es propio de las zonas templadas continentales del Hemisferio norte, y se caracteriza por la presencia de árboles caducifolios, como el haya, el roble, el olmo, el castaño, el tilo, etc. Este es uno de los bosques más alterados por las civilizaciones humanas, y en buena parte ha sido eliminado para dar paso a prados y terrenos de cultivo. Suele estar formado por una o unas pocas especies de árboles; el sotobosque es bastante espeso y rico en especies, y el suelo, debido a la abundante hojarasca que lo recubre, es muy rico en humus;

- **bosque aciculifolio:** está formado por coníferas, la mayoría de las cuales son perennifolias, aunque hay excepciones, como el alerce, que es caducifolio y también forma bosques de este tipo. Suele constar de una o unas pocas especies arbóreas y se extiende al norte del bosque caducifolio. El mayor esplendor de este

tipo de bosque lo encontramos en California, con los imponentes bosques de secuoyas y abetos de Douglas. Las primeras, que pueden sobrepasar los 100 m de altura, son los árboles más altos de la Tierra.

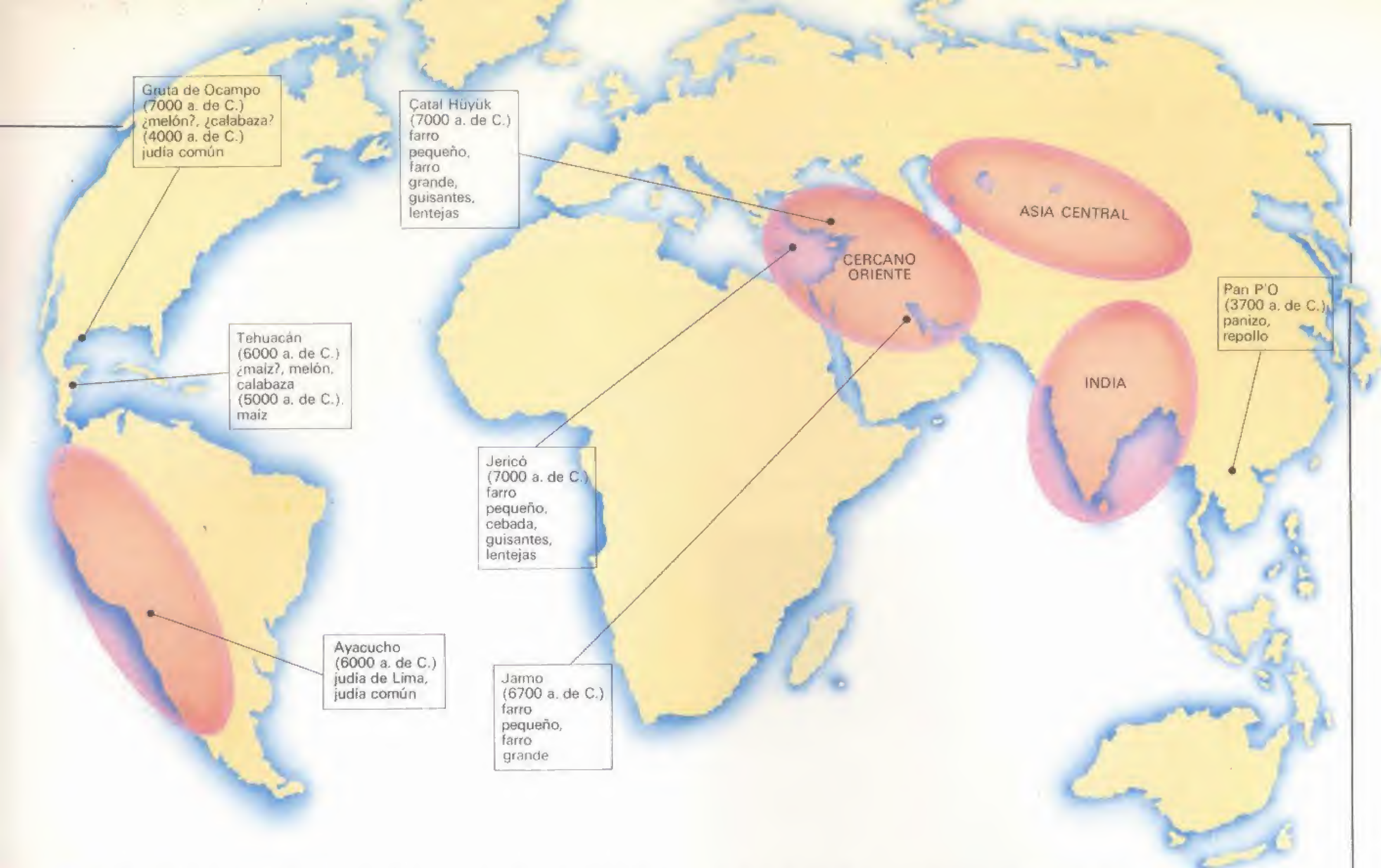
El sotobosque es más pobre que en el tipo anterior, y el suelo no forma un humus tan rico debido a las bajas temperaturas en invierno, que paralizan la actividad de las bacterias, y al escaso drenaje;

- **taiga:** la taiga es un bosque claro aciculifolio de las regiones frías, que recubre la mayor parte de Canadá, el norte de la Unión Soviética (Siberia) y parte de Alaska. La temperatura invernal media gira en torno a los -20°C en los meses más fríos. Hay una estación estival bien definida, en la que el mes más cálido supera los 10°C . En su estructura, la taiga se asemeja a ciertos tipos de sabana. Los árboles no son muy altos, están algo dispersos y pueden dejar sitio a un estrato arbustivo. Las especies arbóreas más comunes son el alerce, el abeto negro y el rojo, así como también el abedul y el enebro;

- **bosque esclerófilo:** es el típico bosque mediterráneo, formado por árboles, como la encina, de hojas coriáceas, pequeñas y perennes, muy bien adaptados a los veranos secos y cálidos. Además de la encina, son típicos el alcornoque, el pino piñonero, el pino carrasco, el ciprés y el olivo. No suele ser un bosque espeso, y está enormemente alterado por el hombre. Una alteración típica de la Península Ibérica es el monte adhesado, en el que los árboles están muy dispersos y hay un estrato inferior de hierbas y arbustos. El chaparral de California y otros bosques "enanos" de Australia, Chile y Sudáfrica son variedades de este tipo de bosque;

- **sabanas:** se suelen clasificar de acuerdo con su estructura, aunque en cualquier caso constan de árboles poco desarrollados y dispersos y de un estrato a base de hierbas y matorral. Se pueden considerar como una vegetación de transición; en ciertos casos suponen una derivación de los bosques claros monzónicos (sabana húmeda, como la del sur de Australia con eucaliptos) o de otros bosques tropicales. La sabana espinosa, a base de arbustos de acacias, euforbias (como la planta del aceite de ricino y el árbol de la goma) y lianas espinosas, puede alcanzar bastante densidad y llegar a formar junglas espinosas. La mayoría de las plantas son caducifolias, y, durante la estación seca, los árboles y arbustos adquieren un tono grisáceo y parecen muertos. Se encuentra en ciertas zonas de México y nordeste de Brasil (*caatinga*). Se da también en una amplia franja en África, desde el lago Tanganica, hacia el sur, hasta una latitud de 20° . Aparece, además, en la India y Australia. La sabana seca, que es la más típica, está formada por árboles muy aislados y un estrato bajo de gramíneas. Los árboles y arbustos son resistentes a los frecuentes incendios de la estación seca y al ramoneo de los animales, lo que limita notablemente su número y su desarrollo. Esta sabana alcanza gran extensión en África, donde reemplaza a las selvas tropicales y ecuatoriales allí donde el clima es demasiado árido. También encontramos este tipo de sabana en América del Sur (Brasil), norte de Australia, América del Norte (Texas), India y sureste de Asia;

- **pradera:** puede ser de hierba alta, como la pampa argentina o las grandes praderas de Norteamérica, o de hierba



La distribución de la vegetación sobre la superficie terrestre, estrechamente ligada a las condiciones climáticas y ambientales, no puede excluir la contribución que el hombre ha aportado a este proceso, sobre todo en lo que concierne a las plantas útiles. El nomadismo al que el hombre estaba sujeto desde el tiempo de su aparición sobre la

Tierra, lo llevaba inevitablemente a zonas lejanas geográficamente y a conocer y efectuar intercambios con las comunidades que se iba encontrando en estas peregrinaciones. El hombre descubrió también de este modo nuevas especies vegetales y modos distintos de utilizarlas, llevándolas consigo a otros lugares. A la migración del hombre

está por tanto ligada la migración de las plantas, muchas de las cuales, gracias al proceso de adaptación, encontraron condiciones de crecimiento óptimas en ambientes climáticamente distintos a los de origen. Para muchas especies, sobre todo las de mayor utilidad para el hombre, ha podido reconstruirse su "peregrinación" desde

su lugar de origen. Los métodos de investigación de la fitogeografía son muy diversos. Para las migraciones más antiguas se basan comúnmente en el estudio de los hallazgos fósiles, como granos de polen, cariósides de trigo o cebada o semillas de otros frutos encontradas en palafitos o en tumbas antiguas.

tumboa (*Wewitschia mirabilis*) tiene una raíz muy larga, y los cactus almacenan agua en sus tejidos. Estos últimos pueden tener aspecto arbóreo, por lo que algunos desiertos son estructuralmente algo parecidos a los bosques claros. La tundra ártica es una variedad de desierto de climas muy fríos, en zonas donde no hay apenas suelo y la vegetación está muy dispersa.

Un fenómeno que no suele aparecer en los mapas de vegetación, a menos que sean muy detallados, es la sucesión altitudinal de los pisos de vegetación en las montañas, que reproduce en unos pocos centenares de metros la sucesión de las grandes franjas de vegetación en el globo según la latitud. Así, en una montaña situada en la zona mediterránea, como podría ser la vertiente sudoriental de los Pirineos, encontramos, a medida que vamos subiendo, en primer lugar el *piso basal*, con bosque esclerófilo que se convierte en bosque caducifolio de robles y luego en hayedo, para pasar al bosque aciculifolio formado por el abetal (que también forma bosques mixtos con el hayedo), para terminar, en el límite de la vegetación arbórea, con un bosque claro de pino negro, que sería el equivalente a la taiga; más arriba, tras una estrecha franja de brezales, encontramos el *piso alpino* (los pastos de alta montaña), análogos en muchos aspectos a la tundra herbácea, y, por último, el *desierto de alta montaña*, con vegetación dispersa formando "almohadillas", que es equivalente al desierto de la tundra ártica. En casi todas las montañas, aunque se encuentren en la zona ecuatorial, se repite un esquema semejante.

baja (estepa). Corresponde la primera a zonas de clima llamado subhúmedo, con precipitación más bien escasa y elevada temperatura en verano. Las hierbas están muy enraizadas, y la composición florística varía mucho según las regiones.

La estepa está formada por hierba baja, que puede dejar zonas de suelo desnudo, al descubierto. Se encuentra a latitudes muy variables; en las estepas de latitudes medias, como las de la Unión Soviética y China, los inviernos son fríos y secos y los veranos cortos, húmedos y calurosos;

- **tundra:** es una vegetación característica de zonas muy frías y húmedas, más al norte (o más arriba, si se trata de montañas) del límite de la vegetación arbórea. En invierno, las temperaturas descienden por debajo de -40°C , y en el mes más cálido del verano no sobrepasan los 10°C , aunque se mantienen por encima de cero. El suelo está permanentemente helado y sólo se deshíela superficialmente en el verano, lo que impide el enraizamiento de los árboles; este suelo (*permafrost*) es impermeable y la tundra, en el verano, se convierte en una región pantanosa en la

que se desarrolla una vegetación herbácea a base de juncos, carrizos, hierbas, musgos y líquenes. Puede haber también algún sauce enano;

- **desiertos:** los desiertos, como el Sahara, el de Arabia o el Takla Makan, no están completamente desprovistos de vegetación: poseen una vegetación propia de los desiertos; lo que ocurre es que se encuentra dispersa y está fuertemente adaptada a las duras condiciones ambientales. Lo que caracteriza a los desiertos, además de las mínimas precipitaciones, es la evaporización brutal después de las escasas lluvias, que sin embargo, a veces, pueden ser torrenciales; las plantas tienen que adaptarse a esas condiciones, así como a las enormes diferencias entre las temperaturas diurnas y nocturnas. Hay plantas, como la rosa de Jericó, que tienen un ciclo vegetativo rapidísimo, de varios días, mientras dura la humedad proporcionada por la lluvia. Durante el resto del tiempo, que se puede prolongar varios años, las semillas permanecen protegidas por una envoltura esférica que forma la planta hasta que vuelve a llover y caen al suelo. La

Véase **Arbol; Bosque; Botánica; Desierto; Ecología; Estepa y tundra; Pradera; Sabana**

Vehículo anfibio

Las fuerzas armadas disponen de un sistema preciso de clasificación de los medios anfibios con fines militares. Un avión anfibio es aquél capaz de despegar y posarse tanto en tierra como en el agua. Una lancha anfibia es una embarcación utilizada normalmente en los desembarcos de hombres y material y que, además, puede circular por tierra. Un vehículo anfibio está diseñado para circular por suelo firme, sobre agua, nieve, arena, y, en general, sobre cualquier tipo de terreno.

Aunque la mayor parte de los vehículos anfibios se fabrica para fines militares, existen también otros modelos especial-

mente diseñados para usos civiles, utilizados principalmente por deportistas, exploradores y cuerpos especiales, como es el de bomberos.

Los vehículos anfibios para empleo civil suelen denominarse con las siglas ATV (del inglés *All Terrain Vehicles*). Los ATV están diseñados para moverse por terrenos fangosos, marismas, pantanos, lagos, ríos, y sobre suelos accidentados o escarpados, inaccesibles a los automóviles normales e, incluso, a pie. Aparte de su capacidad común para actuar en tierra y en agua, entre los vehículos anfibios militares y civiles existen notables diferencias.

Anfibios militares Existen dos tipos fundamentales de vehículos anfibios para fines militares: los *vehículos o lanchas de desembarco*, y los *buques de desembarco*, utilizados para llevar a cabo y apoyar operaciones tierra-mar; estos últimos disponen de plataformas desde las que pueden actuar helicópteros, y están equipados con misiles, piezas de artillería, pistas de aterrizaje e instalaciones de radio. Las lanchas de desembarco se utilizan para el transporte a tierra de hombres, armas y material. El espacio disponible en estas embarcaciones se destina por completo a la carga de hombres y materiales, pueden llevar hasta tres carros de combate u ochenta hombres; unos y otros embarcan y desembarcan por una rampa instalada en la proa de la embarcación. Estas lanchas pueden moverse en el agua, impulsadas por sistemas convencionales de propulsión, o desplazarse sobre un col-



soldados embarcados

deflector izquierdo

rampa de acceso con cierre hermético

antena de radio

torreta

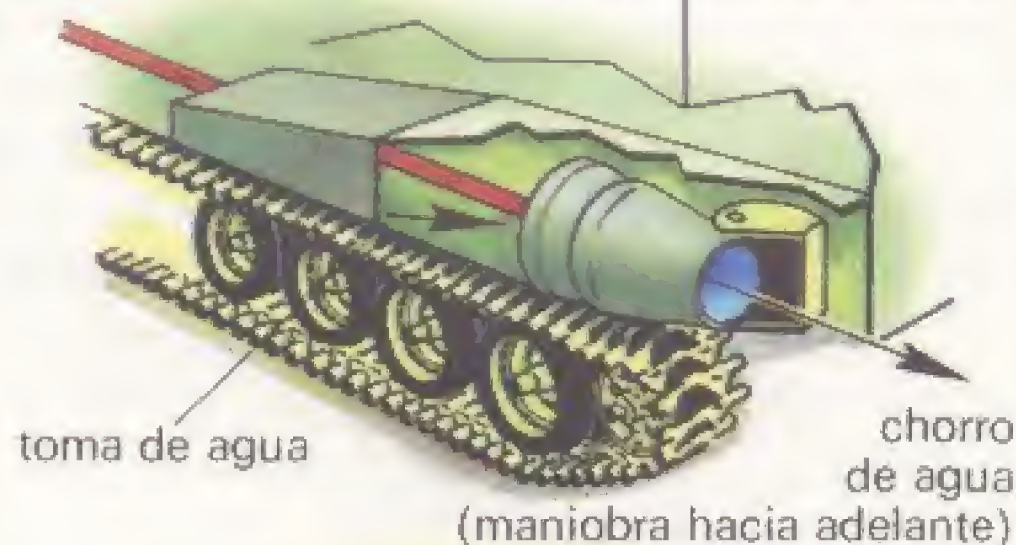
conducción del agua

deflector derecho

hidrorreactor

oruga

COMO FUNCIONAN LOS HIDRORREACTORES



toma de agua

chorro de agua (maniobra hacia adelante)



dirección del chorro de agua (maniobra de giro a la izquierda)

deflector izquierdo

En el centro, sección de un vehículo anfibio militar, que se desplaza sobre orugas para operar en tierra firme. Un par de "hidrorreactores" (a la derecha), permite las maniobras en aguas profundas gracias al deflector, que orienta un chorro de agua para mover el vehículo en la dirección deseada.

VEHICULO ANFIBIO MILITAR LVTP 7

En la fotografía de arriba, dos vehículos anfibios en el momento de entrar en la bodega de un buque destinado al transporte de éstos. La operación militar más famosa en la que fue empleado el mayor número de vehículos anfibios fue la *Operación Overlord*. Poco después de la medianoche del

6 de junio de 1944, mientras trece mil aviones y mil doscientos buques de guerra bombardeaban las fortificaciones alemanas de la Muralla Atlántica, un millón de soldados del ejército aliado desembarcaba en cinco playas de Normandía. Esta operación fue posible gracias a los

medios anfibios: en el desembarco se emplearon unas cuatro mil unidades navales de este tipo. En el dibujo sobre estas líneas puede observarse que el anfibio está blindado como un carro de combate; este sistema, aunque moderno, no es muy diferente del de la II Guerra Mundial.

chón de aire, como los *hovercraft*, que son impulsados por grandes hélices.

Los vehículos anfibios más comunes suelen ser carros de combate o medios para el transporte de tropas, susceptibles de moverse autónomamente en el agua. Las fuerzas armadas americanas disponen de tres tipos. Cada vehículo está protegido por una coraza de aluminio de unos 25 mm de espesor y pesa, aproximadamente, 25 toneladas. Alcanzan velocidades de 60 km/h en tierra y 12,6 km/h en el agua. En tierra, estos vehículos se desplazan sobre orugas como los *bulldozer*, y pueden superar pendientes de 60°, atravesar trincheras de 2,5 m de ancho y franquear obstáculos de hasta un metro de altura. En el agua se mueven mediante chorros de agua orientables a voluntad, que permiten los cambios de dirección, mientras que los vehículos de combate anfibios de la "vieja generación" eran propulsados por las

propias orugas, que se movían bajo el agua comportándose como las aspas de un molino. Los modernos vehículos anfibios pueden, en cambio, "navegar" incluso con el mar en malas condiciones.

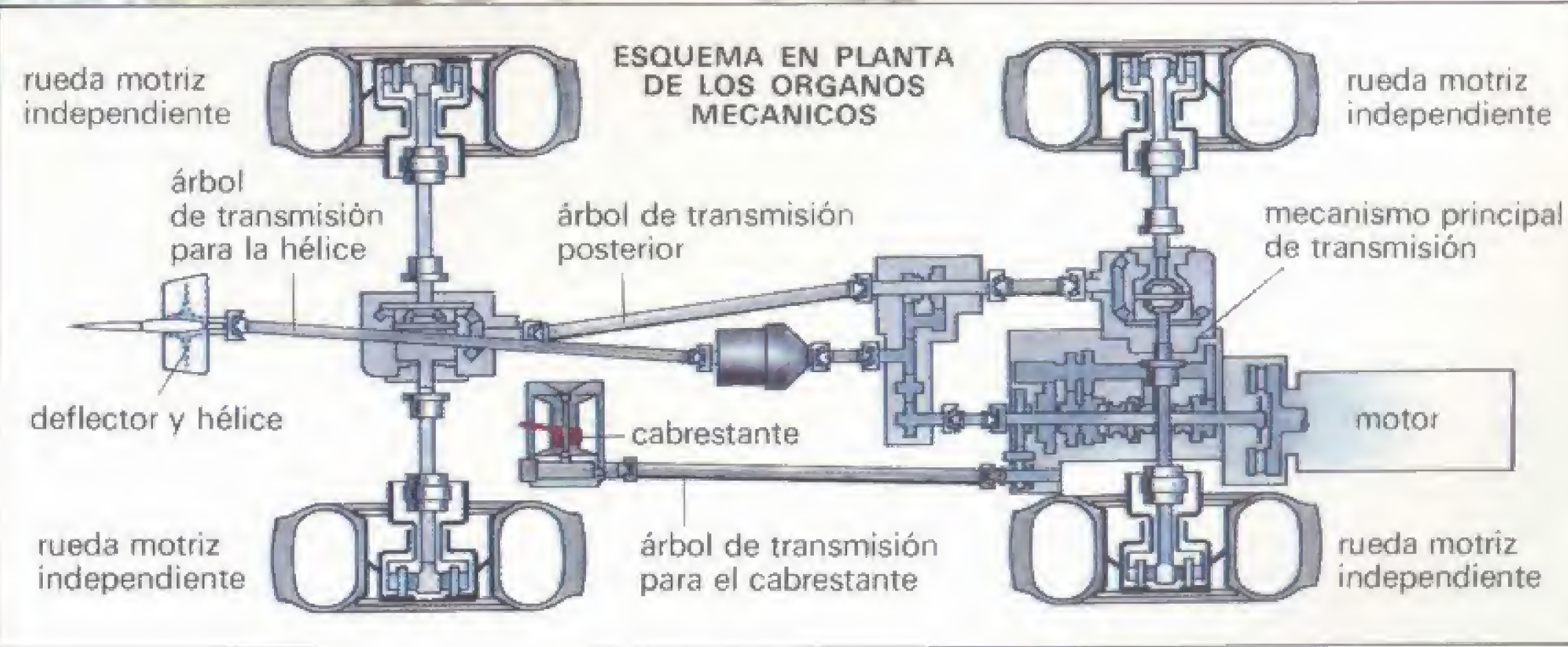
ATV: anfibios civiles Estos vehículos pueden circular, prácticamente, por todas partes: se diseñan de tal modo que pueden moverse superando pendientes de 45° o dunas de arena, a través de pantanos y marismas y en terrenos cubiertos de troncos o piedras. Deportistas, como pescadores y cazadores, los utilizan para alcanzar determinados lugares aislados, y también son empleados por excursionistas, fotógrafos y exploradores para descubrir zonas recónditas, inaccesibles de otra forma; los bomberos se sirven de vehículos anfibios en las operaciones de salvamento, así como para socorrer a poblaciones afectadas por inundaciones.

Sobre tierra firme pueden desplazarse mediante orugas, pero no todos los ATV son anfibios, es decir, no todos pueden desplazarse en el agua. Los que se preparan para hacerlo son lentos y vuelcan fácilmente; además, no pueden enfrentarse con fuertes corrientes, ni con olas, incluso de pequeño tamaño. Algunos vehículos anfibios suelen utilizar un motor fuera borda, mientras que otros son accionados por turbinas, llamadas "hidrorreactores".

El motor y los mecanismos de transmisión se montan sobre estructuras independientes, con el fin de lograr una mayor protección contra los golpes violentos. Estos vehículos se construyen de tal forma que la mayor parte de su peso se concentra en la parte inferior (de modo que no vuelquen cuando se inclinan lateralmente) y, lógicamente, su casco es estanco.

Véase **Hovercraft; Vehículo de desembarco**

VEHICULO ANFIBIO PARA USO CIVIL FIAT 6640



Arriba, sección de un anfibio para uso civil. Se trata de un vehículo anfibio especial utilizado por el Cuerpo de Bomberos, de fácil maniobrabilidad y casco de aleación de

aluminio, que lleva los diversos órganos mecánicos en tres compartimentos estancos. Como se puede observar, la propulsión en el agua está asegurada por

una hélice de cuatro palas, y la dirección de navegación se logra mediante un deflector posterior conectado con el volante de guía. Un cabrestante con desarrollo en popa

permite liberar el vehículo en caso de quedar embarrancado. Para el drenaje del agua, en caso de inundación, se dispone de bombas de achique eléctricas. Con objeto

de mejorar su flotabilidad, los extremos de proa y popa están rellenos de poliuretano expandido. Sobre estas líneas, a la izquierda, un anfibio navegando.

Todos los dispositivos mecánicos (a la derecha) pueden ser presurizados interiormente, con el fin de evitar cualquier posible entrada de agua.

Vehículo de desembarco

A esta extensa categoría de barcos de guerra pertenecen todos los tipos de unidades utilizadas en las operaciones "anfibia", es decir, aquellas operaciones especiales que comprenden el transporte por vía marítima de tropas y materiales, así como su desembarco.

Tipos de unidades para operaciones anfibia Las modernas armadas disponen de diversos tipos de unidades especializadas en este tipo de operaciones. En lí-

neas generales, se denominan "vehículos de desembarco" las unidades pequeñas, idóneas para el transporte hasta la playa de hombres, vehículos y materiales; éstos, a su vez, son previamente aproximados a la costa en unidades más grandes, llamadas "buques de desembarco".

Existen varios tipos de vehículos de desembarco, la mayor parte de propulsión convencional, aunque también los hay del tipo *hovercraft*. Asimismo pertenecen a esta categoría los vehículos oruga o sobre

ruedas, capaces de circular tanto en tierra como sobre agua, que constituyen los vehículos "anfibia" propiamente dichos.

El más difundido de los vehículos de desembarco es el tipo LCT (*Landing Craft Tank*), capaz de transportar una treintena de hombres o dos carros armados o automóviles.

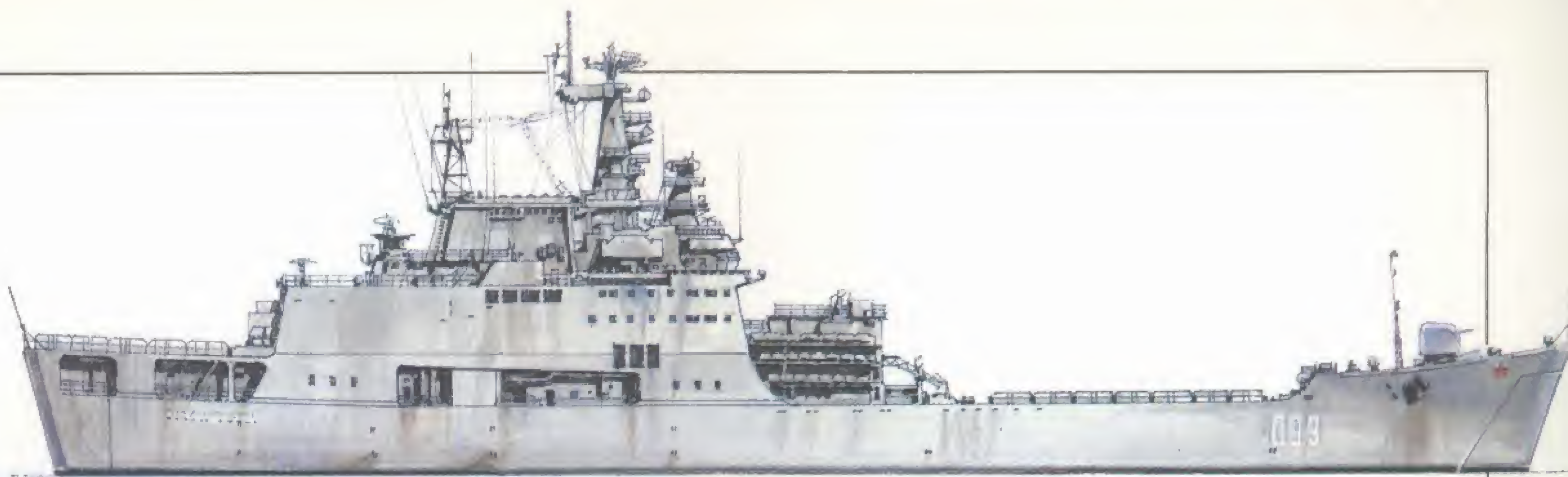
Los buques de desembarco son, en cambio, unidades de mayores dimensiones preparadas para transportar tropas con todas sus dotaciones (abastecimien-

En una guerra moderna, el desembarco en costas ocupadas por el enemigo adquiere una importancia cada vez mayor. Por este motivo, las unidades de desembarco han experimentado en estos últimos años un perfeccionamiento constante, con el fin

de poder abastecer a los frentes de batalla de infantería de asalto y carros de combate, pudiendo, además, defenderse mediante el empleo de helicópteros o aviones. Los exponentes más avanzados de esta nueva estrategia son los buques de asalto estadounidenses del

tipo *Tarawa* (abajo), y los soviéticos del tipo *Ivan Rogov* (arriba). La inundación de la parte interior permite a las lanchas de desembarco acceder directamente al mar, sin obligar a los hombres de su dotación a embarques peligrosos bajo el eventual fuego enemigo.





tos, carros de combate, vehículos y materiales de todas clases). La carga, cualquiera que sea, es transportada hasta la costa por medio de helicópteros o de lanchas de desembarco más pequeñas.

Las naves de desembarco de mayor tamaño pueden transportar varias decenas de lanchas y vehículos anfibios, que se ponen a flote, ya cargados, a través de una rampa abatible situada en la popa de la nave. Esta rampa puede abrirse de tal forma que la parte interna de la nave, normalmente vacía, se llene de agua.

Los "buques de asalto", las más grandes y modernas naves de desembarco, reúnen las características de los buques de desembarco con las de los portahelicópteros, y algunas de sus unidades llevan, incluso, aviones V/STOL de apoyo.

Los buques de desembarco de medianas dimensiones, empleados sobre todo para el transporte de carros de combate y vehículos, están dotados de grandes rampas de acceso abatibles, que permiten el desembarco, directamente sobre playas abiertas, de su cargamento de hombres y materiales.

Los más modernos buques de desembarco en servicio

Los primeros buques para operaciones anfibias, expresamente proyectados para el despegue y aterrizaje de helicópteros sobre su cubierta, fueron las siete unidades del tipo *Iwo Jima* de la marina de los Estados Unidos, construidas entre 1959 y 1970. Pueden transportar hasta veinte helicópteros en un hangar situado bajo la cubierta de vuelo.

Una versión mejorada de estas naves es la de los cinco buques de asalto estadounidenses del tipo *Tarawa*, construidos entre 1971 y 1980. Cumplen la doble función de portahelicópteros y buque de desembarco para operaciones anfibias. La cubierta superior del buque, que mide 250 m desde la popa a la proa, constituye la cubierta de vuelo, de la cual pueden despegar simultáneamente de nueve a doce helicópteros, además de permitir operaciones con los cazabombarderos V/STOL.

Los mandos principales del buque se encuentran en una superestructura, o "isla", situada en la parte central derecha de la cubierta de vuelo. Bajo esta última, existen dos hangares desde los cuales los helicópteros y los aviones alcanzan la cubierta por medio de montacargas instalados a ambos lados de la nave. La sección anterior de la cubierta inferior se destina al estacionamiento de carros de combate, vehículos y materiales. Estos buques, que pueden llegar a desplazar hasta cuarenta mil toneladas, están dotados de completas instalaciones médicas y de alojamientos para 1.700 soldados y 900 tripulantes. Su armamento está compuesto por algunos cañones de pequeño calibre y misiles antiaéreos.

El dique inundable, que mide 83 m de longitud por 24 m de anchura, está situado bajo la cubierta hangar en la zona de popa, y puede contener de cuatro a seis unidades de desembarco menores. Cuando el dique está inundado, las unidades que transportan tropas o vehículos salen al mar a través del portalón de popa y se dirigen a la costa para desembarcar su carga. Otro interesante tipo de *buque-dique*, preparado también para operaciones con helicópteros y dotado de proa abatible, lo constituyen las unidades soviéticas del tipo *Ivan Rogov*, aparecidas en 1978, y capaces de transportar hasta cuarenta carros de combate, vehículos y un batallón de infantería de marina.

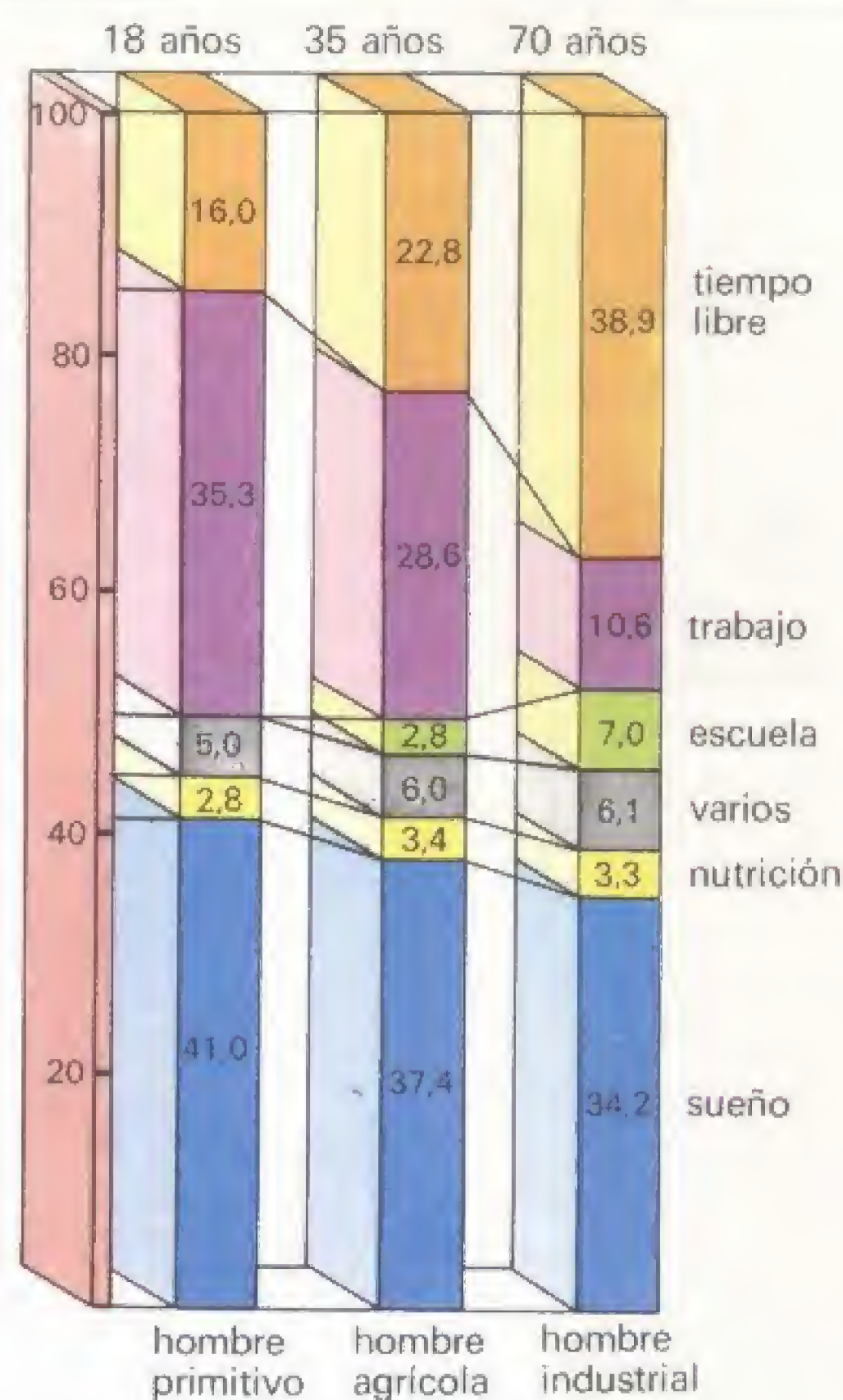
Véase Hovercraft; Vehículo anfibio



Vejez y envejecimiento

Todavía no sabemos con exactitud cuáles son los límites de la vida humana. Es cierto, sin embargo, que a lo largo del desarrollo vital se producen una serie de acontecimientos degenerativos que los médicos y los fisiólogos están definiendo cada vez con mayor precisión. El envejecimiento, período natural del ciclo vital, puede ser subdividido en dos categorías. El envejecimiento primario, o senectud, comprende los cambios inevitables, irreversibles y acumulativos que tienen lugar en la estructura y en la composición del cuerpo durante el período sucesivo a la madurez. El envejecimiento secundario, o senilidad, se produce por la invalidez debida a enfermedades o lesiones accidentales, y no afecta necesariamente a individuos en edades avanzadas.

Cambios orgánicos y sistémicos La senectud consiste en una serie de cambios que tienen como consecuencia un mayor debilitamiento y una elevada susceptibilidad a algunas enfermedades que, finalmente, pueden desembocar en la muerte. En realidad, son escasas las personas que mueren realmente de viejos: la mayor parte, en efecto, muere a causa de enfermedades a las que, dada su edad avanzada, están más expuestos. Estos procesos comprenden numerosos tipos de degeneración. Con frecuencia, el corazón bombea menos cantidad de sangre por minuto. La fuerza de los músculos disminuye, por una parte debido a la menor cantidad de sangre disponible y, por otra, debido al menor número de células mus-



En el gráfico de arriba se indican los porcentajes de tiempo dedicados por el

hombre a las distintas actividades durante la vida, en diferentes épocas históricas.

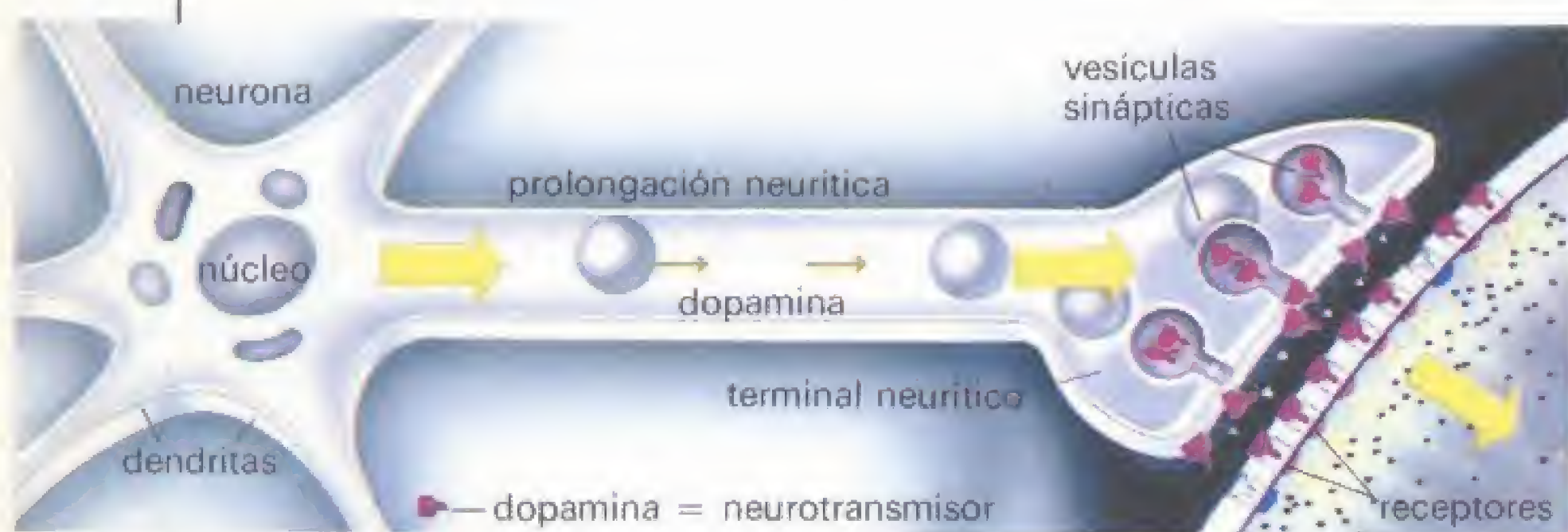
culos mentales y una menor capacidad perceptiva en los órganos de los sentidos, como los ojos (presbiopía) y los oídos (sordera senil). El metabolismo, constituido por el conjunto de reacciones químicas que tienen lugar en el organismo, se vuelve más lento. La velocidad de las

cas necesitan más tiempo para verificarse. Este enlentecimiento puede perjudicar e, incluso, destruir las células.

Muchos órganos del cuerpo, como la piel, contienen colágeno y elastina, elementos que le proporcionan sostén y elasticidad. Las fibras de estos tejidos desarrollan uniones entre sí en el curso del ciclo vital, provocando una rigidez general. La reticulación del colágeno provoca rigidez en la piel vieja, de manera que ésta se aleja de las estructuras subyacentes, provocando un encorvamiento y arrugas.

El sostén estructural del organismo se encuentra garantizado por los tendones, los ligamentos y los músculos unidos a los huesos. La solidez de los huesos depende en gran parte de una matriz orgánica mineralizada por sales de calcio y fósforo. Esta deposición de minerales tiene lugar mediante un sistema dinámico que conlleva un considerable recambio de estas sales. La senectud da lugar a que se produzca una reabsorción más veloz que la deposición de mineral, con lo cual se produce un reblandecimiento de los huesos, conocido con el nombre de *osteoporosis*.

Con el paso de los años, las células se destruyen con mucha más velocidad de lo que se regeneran, lo cual debilita el material estructural del organismo. Por otro lado, aumenta la cantidad de grasas en el interior y en torno a las células. En el interior de las paredes de los vasos sanguíneos se forman placas de colesterol, que provocan arteriosclerosis o "endurecimiento de las arterias". Este estado puede conducir a un incremento de la presión



El esquema sobre estas líneas ilustra las diferencias que existen entre la transmisión de un impulso nervioso en un individuo joven (a la izquierda) y en un anciano (a la derecha). Con frecuencia, el impulso nervioso se

propaga en forma de impulso eléctrico de una célula nerviosa a la siguiente, a través de una prolongación neurítica. Este impulso, al alcanzar el terminal neuronal (el punto llamado sinapsis), debe

transformarse en un impulso químico para comunicar la información a la célula siguiente. Esta conducción tiene lugar por medio de los neurotransmisores (como, por ejemplo, la dopamina), compuestos



químicos sintetizados por las neuronas; la transformación tiene lugar por obra de otros neurotransmisores, como la acetilcolina, presente en las vesículas sinápticas. En la célula siguiente, gracias a la presencia

de unos enzimas que regulan la permeabilidad de la membrana, los receptores vuelven a transformar el impulso químico en impulso eléctrico. En el anciano, todo este proceso se encuentra

enlentecido por unas alteraciones en estos mecanismos, como la disminución de los neurotransmisores, un menor número de receptores, escasa permeabilidad de la membrana y menor actividad enzimática.

culares que funcionan. La producción de hormonas sexuales, tanto en el varón como en la hembra, cesa; en las mujeres se trata de un proceso muy rápido que tiene lugar después de la menopausia; en el hombre, por el contrario, tiene lugar de forma gradual, a partir de los cincuenta años.

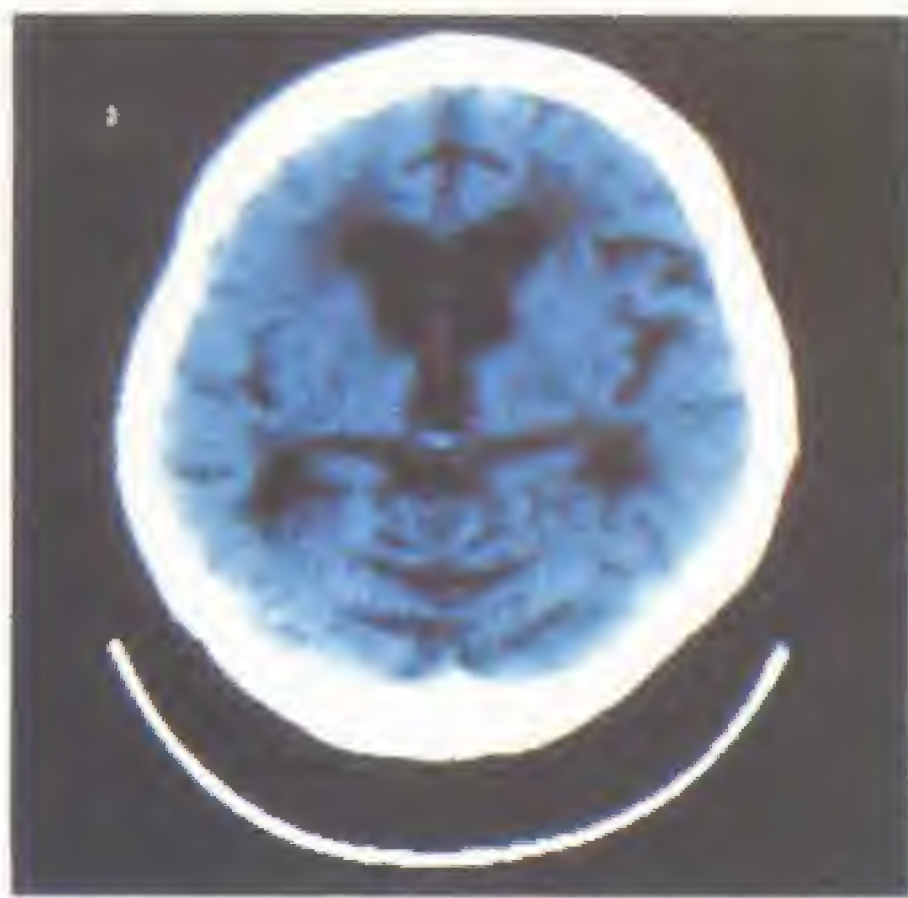
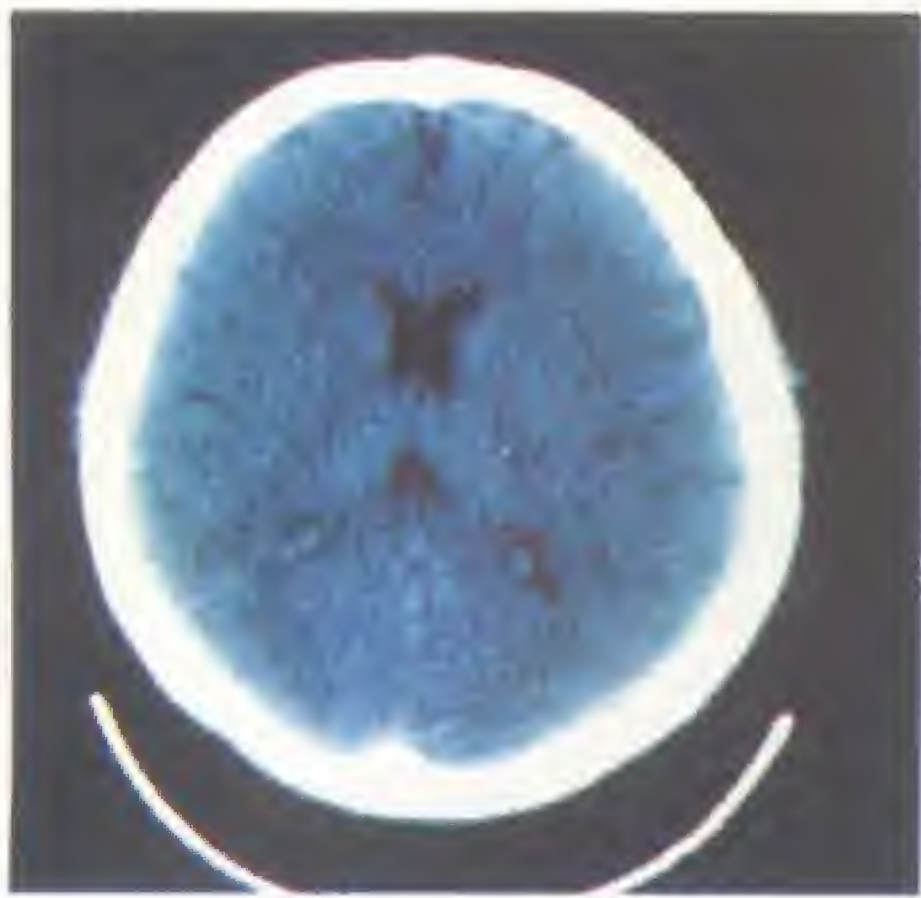
La sensibilidad general y la sensibilidad de casi todas las funciones del cuerpo disminuyen con el paso de los años. Entre los órganos afectados por este proceso se encuentran las células cerebrales, acusándose una mayor lentitud en los pro-

cesos, efectivamente, se reduce. Esto hace menos adaptable el organismo a las variaciones ambientales y a las exigencias que se derivan del *stress*.

Cambios celulares El conjunto de órganos y aparatos del cuerpo humano funciona mal a causa de una disminución de las células funcionales, lo que reduce la capacidad de reserva y causa un bajo rendimiento de las otras células. La menor sensibilidad a nivel celular provoca que los enzimas celulares sean menos activos y, en consecuencia, las reacciones quími-

sanguínea y a un menor flujo de sangre en los vasos sanguíneos afectados.

Causas de la senectud Existen diversas teorías acerca de las causas que pueden provocar el proceso del envejecimiento. Una de ellas afirma que el ciclo vital está programado en los propios genes de cada individuo. La teoría de la mutación somática sostiene que, en ocasiones, el ADN comete errores, causando mutaciones durante el transcurso de los años, y que el envejecimiento está provocado por la acumulación de estas células anor-



A la izquierda, tomografía axial computarizada (TAC) de dos sujetos, uno de 30 (a la izquierda) y otro de 78 años (a la derecha). En el sujeto anciano se observan las señales de atrofia cortical y subcortical debidas al envejecimiento fisiológico. A la derecha, valores medios de las variaciones de peso de algunos órganos en función de la edad.

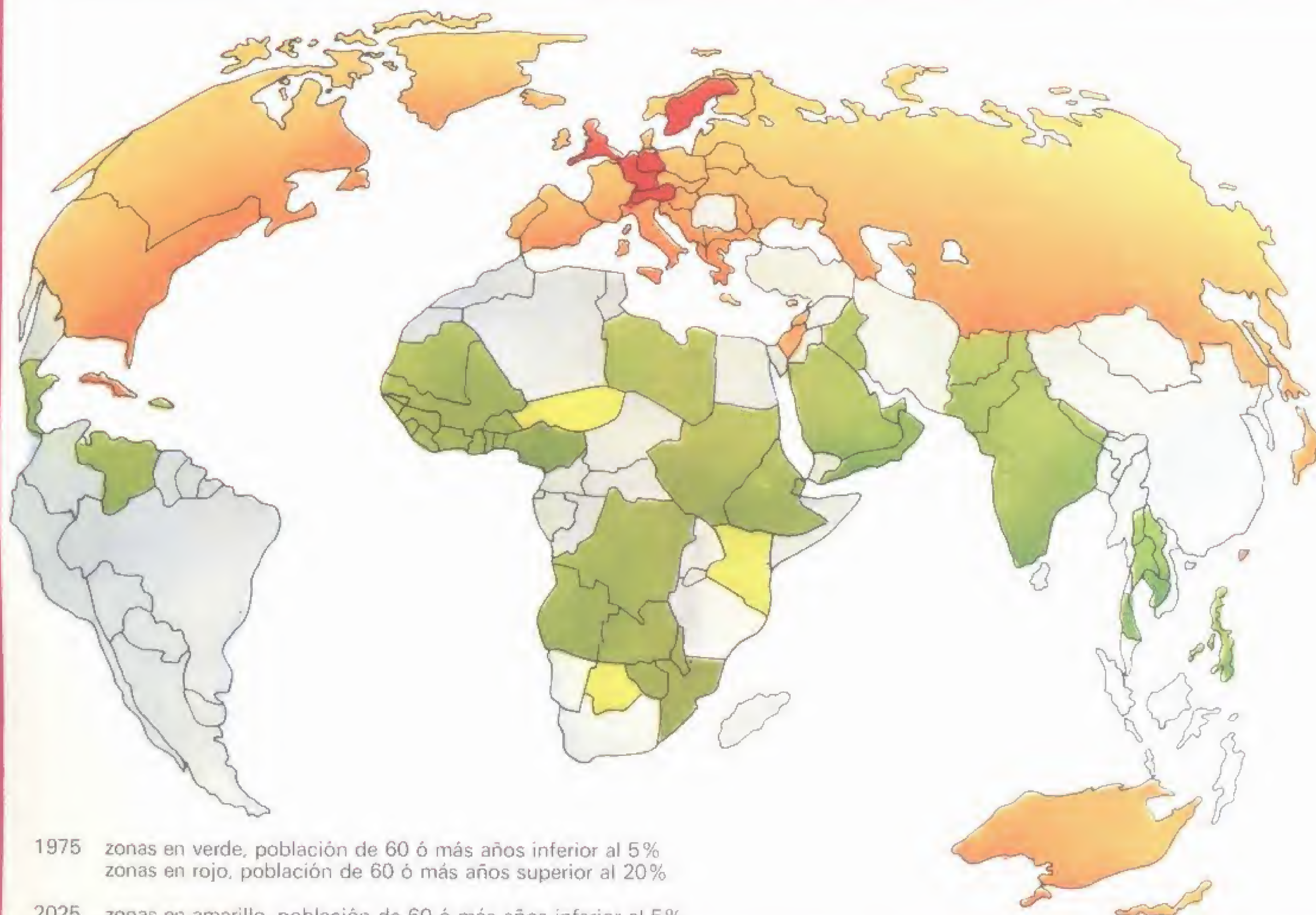
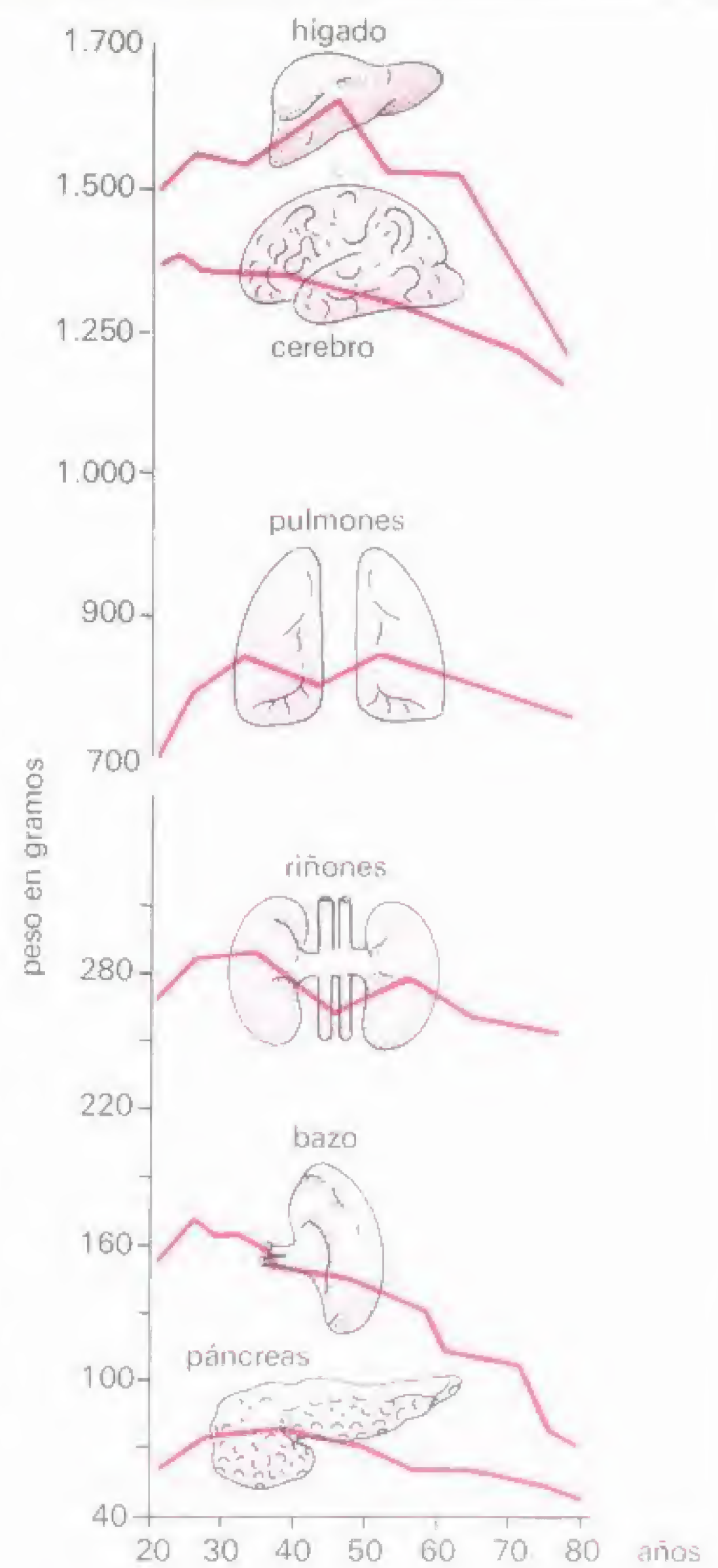
males. Otras teorías sugieren que el funcionamiento anómalo de las células está provocado por una acumulación de productos de desecho (como los pigmentos), o por desgaste y agotamiento celular. La teoría autoinmunitaria afirma que el sistema inmunitario, que ataca a las células anómalas y a los cuerpos extraños, pierde su capacidad para distinguir entre las células del organismo y las células extrañas, y comienza a atacar a las primeras.

Varios tipos de senectud Las diversas teorías intentan analizar el mecanismo de envejecimiento, pero el proceso de la senectud propiamente dicho es el resultado de algunos cambios que tienen lugar en las complejas interrelaciones de todos los aparatos de nuestro organismo. Por otro lado, los distintos órganos envejecen a velocidades diferentes y reaccionan a la senectud de diferente forma. Es preciso también entender que cada individuo enve-

jece de distinta manera que los demás. Por ejemplo, el sistema cardiovascular de un hombre de cincuenta años puede ser similar al de una persona de veinte. La herencia, el *stress* ambiental y el estado general de salud, la nutrición, el ejercicio físico y otros factores son muy importantes en el proceso de envejecimiento. La debilidad mental (el aspecto más común de la senectud) no forma parte inevitablemente del envejecimiento. En ausencia de enfermedad, la persona anciana puede conservar su agudeza mental, si bien suele necesitar más tiempo que una persona joven para aprender algo nuevo.

En la actualidad, muchos problemas médicos y psicológicos de la senectud derivan de los factores ambientales, como la marginación, la falta de asistencia y la carencia de estímulos físicos y mentales.

Véase Colesterol; Cuerpo humano; Hormonas



En los tiempos de la antigua Roma, hace dos mil años aproximadamente, la duración media de la vida se estimaba en unos cuarenta años. Fue a comienzos del presente siglo, con la mejora de las condiciones de vida y los progresos de la higiene, la medicina y la tecnología, cuando se consiguió elevar esta cifra. En el mapa se indican, por áreas de distintos colores, los porcentajes de la población con sesenta o más años en 1975 en las zonas en verde menos del 5%, y en las zonas en rojo más del 20%. En el año 2025 está previsto un porcentaje de población de sesenta o más años inferior al 5% en las zonas en amarillo y superior al 20% en las zonas en naranja. Los datos pertenecen a la UNESCO.

Ventilación

En la Inglaterra del siglo XVIII, las prisiones eran sin ninguna duda lugares espeluznantes. A los innumerables aspectos, ya de por sí, desagradables de la prisión, se unía también el de un olor nauseabundo, que al parecer contribuyó a la difusión de enfermedades tales como el tifus. Hacia la mitad de ese mismo siglo, el sacerdote y científico Stephen Hales inventó un aparato con el fin de contribuir a controlar esta enfermedad. Se trataba de un ventilador que aspiraba el aire viciado. Aunque para vencer el tifus no bastaba sólo con mejorar la ventilación de los ambientes, los ventiladores de Hales fueron empleados para hacer más respirable el aire en las prisiones, hospitales y barcos de esclavos.

El objeto de la ventilación es mantener el aire fresco y puro. En un local cerrado, el aire suele viciarse rápidamente a causa de olores, polvo, humedad y calor. Estos elementos son dispersados cuando se cambia el aire en el local, lo que hace más agradable la respiración. Una buena ventilación puede ser muy importante para la salud, porque no sólo reduce la concentración de gérmenes patógenos en el aire que se respira, sino que también elimina una gran cantidad de humos y partículas nocivas, generadas en muchos procesos industriales. El diseño y colocación de adecuadas instalaciones de ventilación constituye uno de los aspectos más importantes en la construcción de galerías de minas, túneles, establecimientos y otros centros de trabajo.

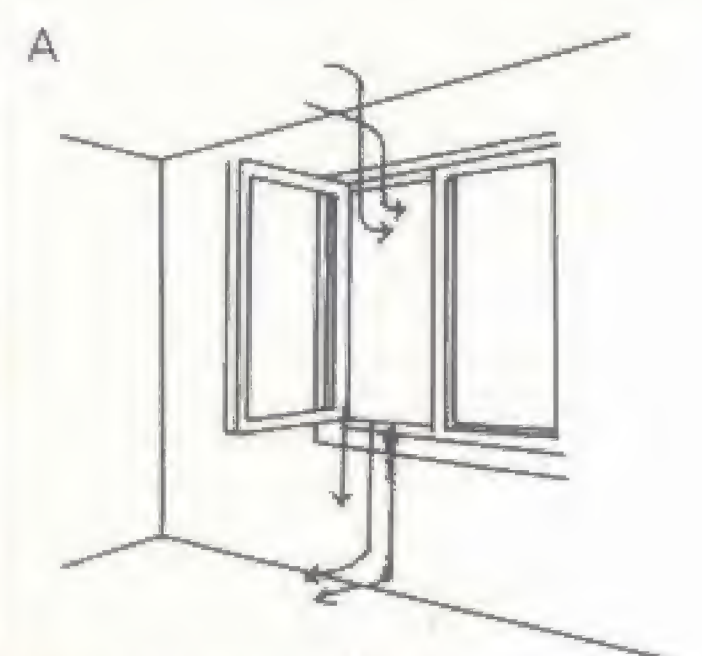
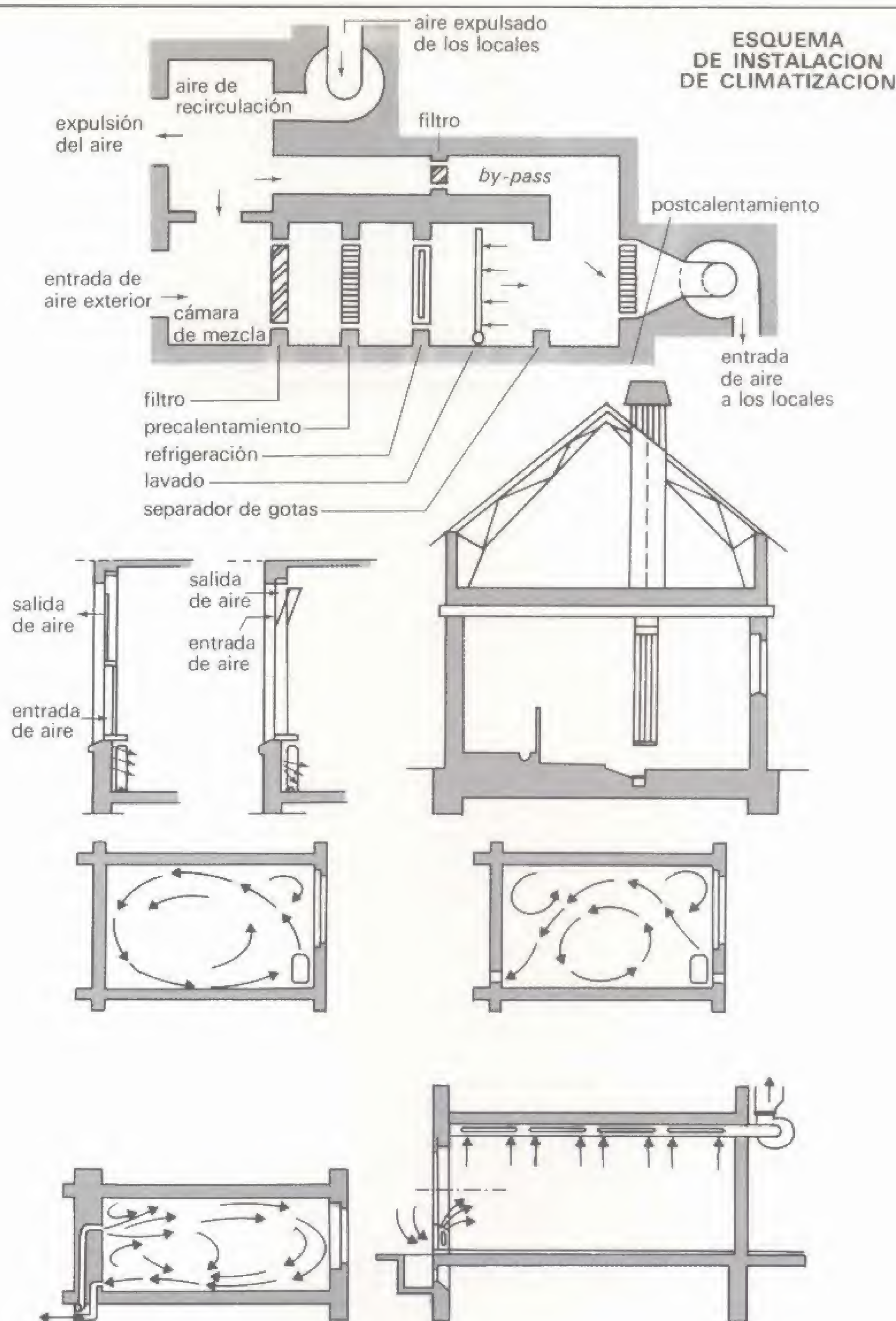
La ventilación natural El modo más simple de airear una habitación es abrir una ventana. Esta sencilla operación permite al aire circular libremente entre el exterior y el interior de la estancia. La cantidad de aire que entra y sale del local está en función de un determinado número de factores. La dimensión de las ventanas es, obviamente, uno de ellos, como también lo son las condiciones meteorológicas externas. Lógicamente, cuanto más fuerte es el viento, mayor será la circulación de aire a través de la ventana. Otro fenómeno natural que provoca la ventilación es el movimiento del aire producido por las diferencias de temperatura. Cuando una cierta cantidad de aire se calienta más que el aire circundante, tiende a elevarse, arrastrando consigo el calor. En las fábricas donde se desarrollan grandes cantidades de calor, este fenómeno se aprovecha a menudo para la ventilación. En este caso,

Arriba del todo, - esquema de una instalación de climatización: el aire exterior pasa a través de una serie de filtros y reguladores de la humedad y de la temperatura antes de ser introducido en los ambientes. Sobre estas líneas, a la izquierda, dos tipos de ventanas

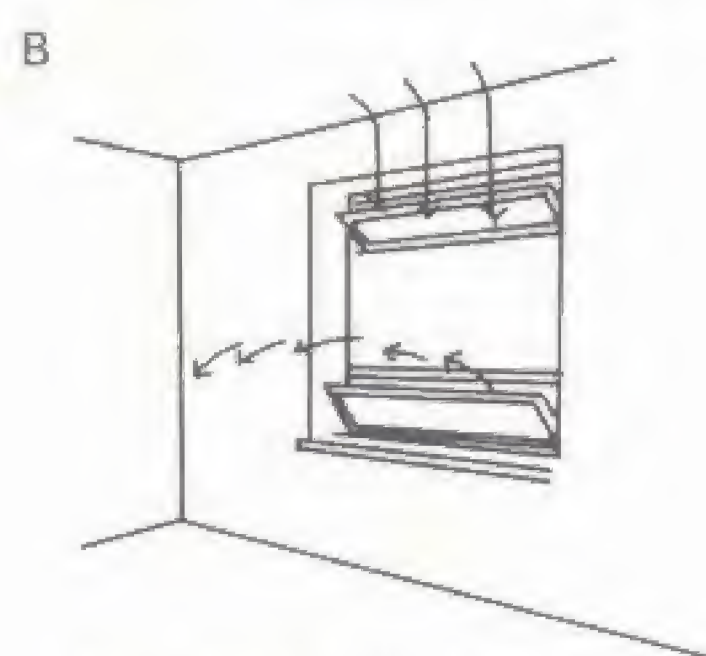
especiales con aberturas separadas para la entrada y la salida del aire; a la derecha, sistema de ventilación natural en un establo. El aire fresco es introducido a través de respiraderos o a través de tubos de aireación en los parapetos de las ventanas. Abajo,

diversos tipos de ventilación a través de las ventanas. A: el aire frío penetra en el ambiente y el aire caliente sale del mismo, ocasionando corrientes de aire; B: ventana con postigos abatibles con los que se regula mejor la ventilación; C: sistema sueco de

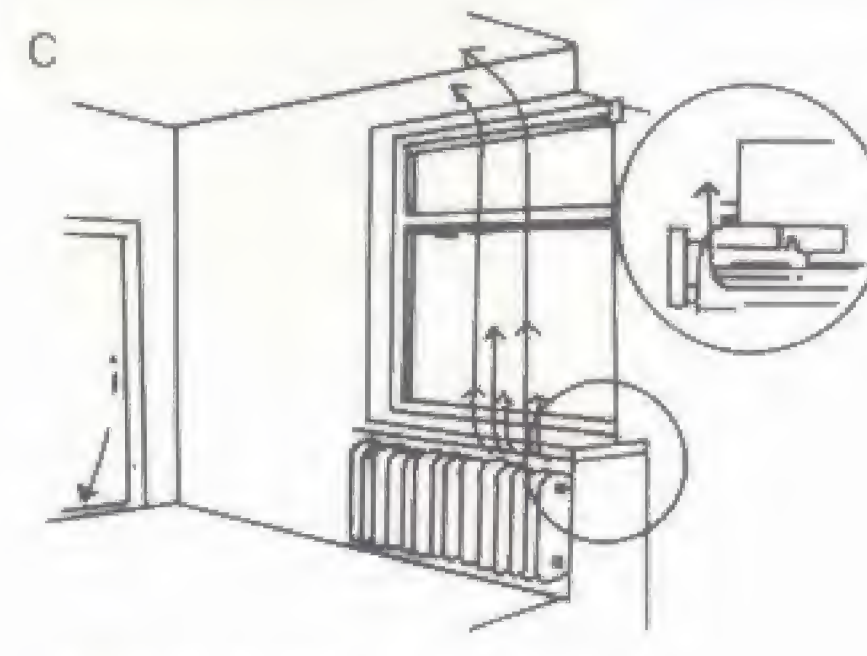
ventilación permanente con aberturas de aireación sobre los radiadores; D: ventilación con entrada de aire fresco desde arriba. En la página siguiente, arriba, esquema del sistema de ventilación del túnel de San Gotardo; abajo, de una mina profunda.



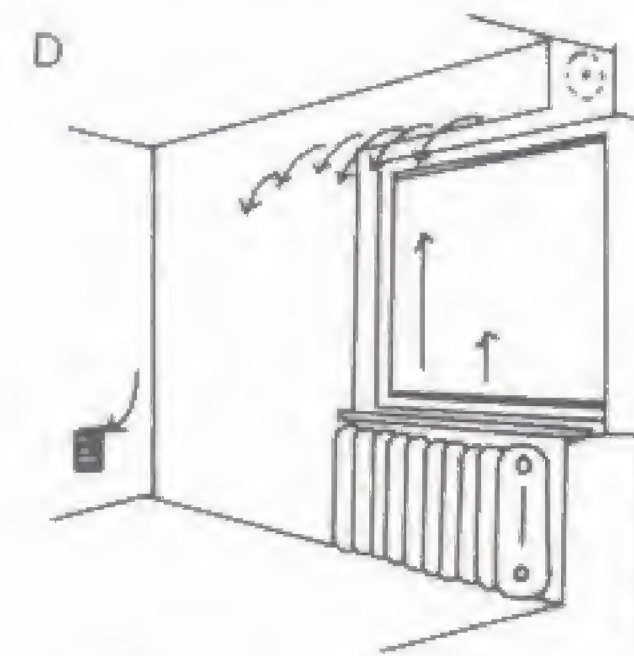
sistema que produce desagradables corrientes de aire



postigos abatibles para mejor regulación de la ventilación



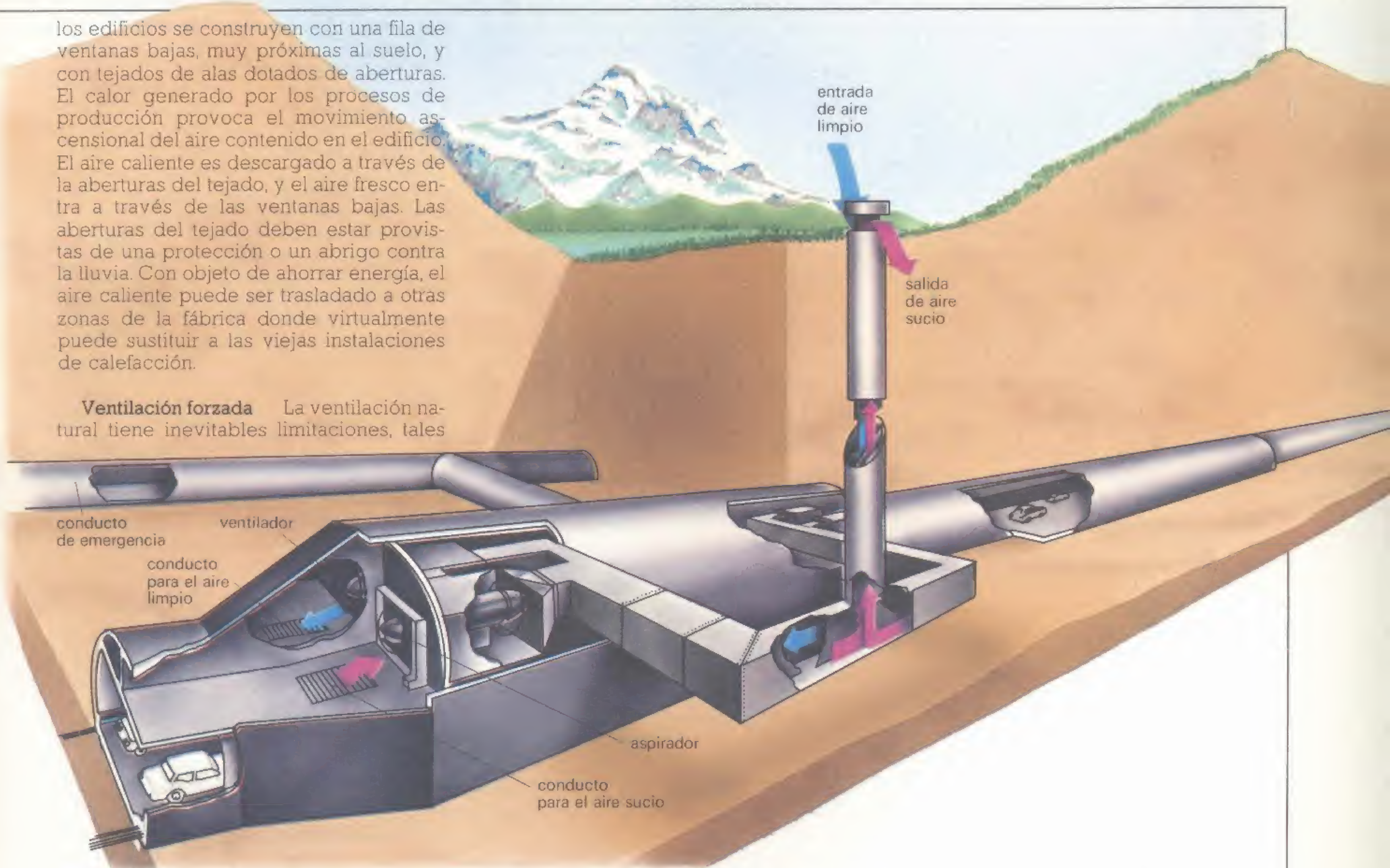
sistema sueco de ventilación permanente



ventilación con entrada de aire fresco desde arriba

los edificios se construyen con una fila de ventanas bajas, muy próximas al suelo, y con tejados de alas dotados de aberturas. El calor generado por los procesos de producción provoca el movimiento ascensional del aire contenido en el edificio. El aire caliente es descargado a través de la aberturas del tejado, y el aire fresco entra a través de las ventanas bajas. Las aberturas del tejado deben estar provistas de una protección o un abrigo contra la lluvia. Con objeto de ahorrar energía, el aire caliente puede ser trasladado a otras zonas de la fábrica donde virtualmente puede sustituir a las viejas instalaciones de calefacción.

Ventilación forzada La ventilación natural tiene inevitables limitaciones, tales

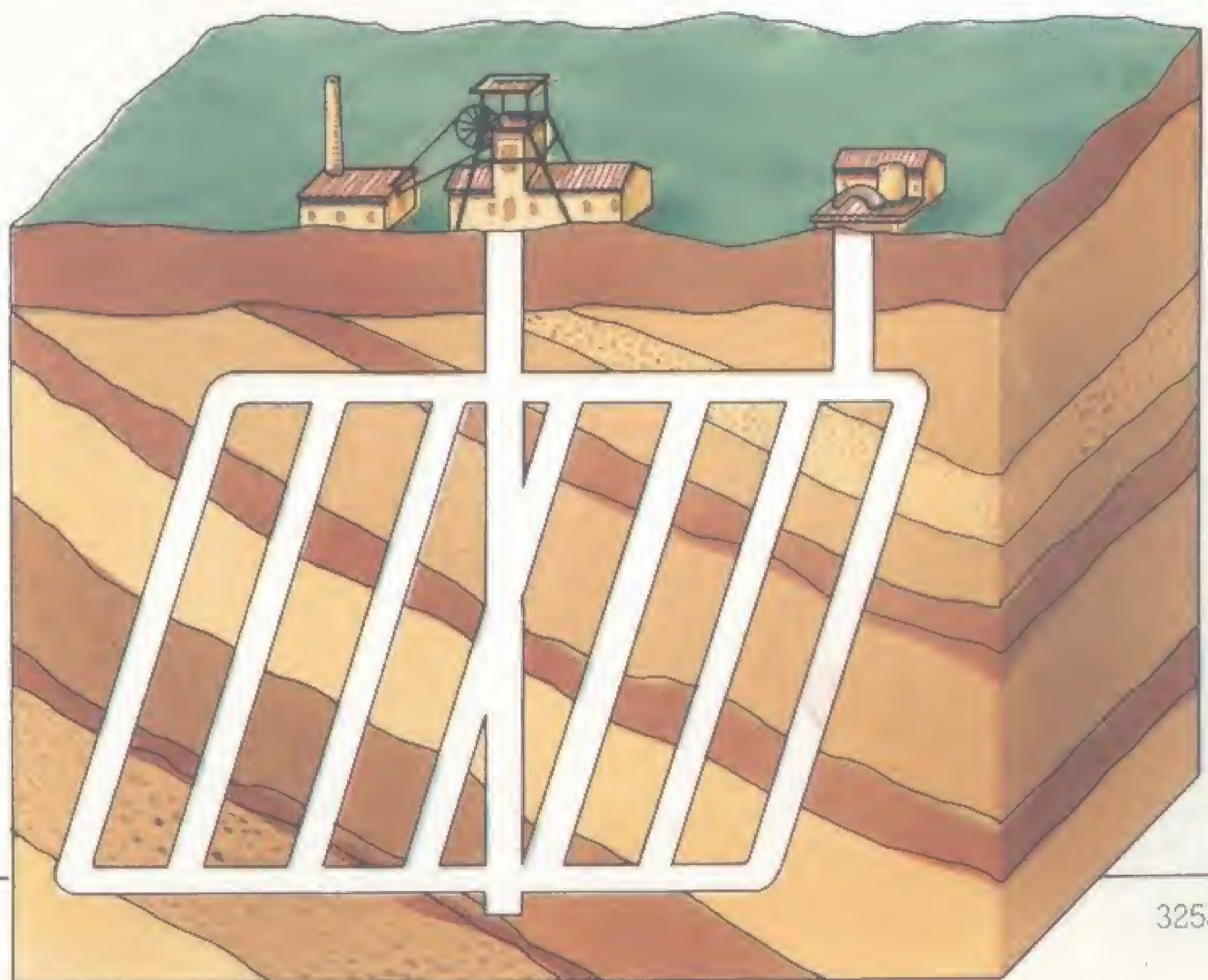


como la dependencia de las condiciones meteorológicas que, en ocasiones, pueden obstaculizarla. Por ejemplo, puede no hacer viento, o bien el tiempo puede ser demasiado frío o lluvioso para permitir la apertura de las ventanas. Además, para poder ventilar de forma natural una zona determinada, es preciso que ésta comunique directamente con el exterior. Finalmente, la ventilación natural no es, en absoluto, suficiente para aspirar el aire de pequeños recintos, como, por ejemplo, los hornillos de una cocina. Para superar éstas (y otras) limitaciones, muchos edificios están dotados de sistemas de ventilación forzada. El principio de funcionamiento de estos sistemas es el del ventilador o aspirador de ventana, un dispositivo accionado mecánicamente, que aspira aire de la habitación y lo expulsa al exterior. En muchas casas se encuentran instalaciones más sofisticadas, como los aspiradores para baño y varios tipos de campanas de aspiración para cocina. En ambos casos, el aire aspirado casi nunca descarga directamente al exterior, y es necesario trasladarlo mediante conductos especiales con puntos de descarga determinados. Los grandes edificios, como escuelas, industrias y oficinas, requieren complejos sistemas de conductos y de ventiladores para lograr la aspiración del aire viciado y la circulación del aire puro. Estas instalaciones están dotadas de filtros para impedir

la introducción de partículas indeseadas (polvo, polen, etc.) en los ambientes ventilados. A menudo, suelen estar provistas de calentadores que entran en función en el caso de que el aire exterior sea demasiado frío. En la mayor parte de los casos, el sistema de ventilación va unido a un montaje de acondicionamiento del aire que regula la temperatura y la humedad en el interior del edificio. Con este tipo de instalaciones, el aire puede ser renovado

a voluntad, controlándose asimismo su temperatura y humedad. En la mayor parte de las instalaciones, un determinado volumen de aire debería ser renovado alrededor de cinco veces por hora, aunque esta cifra puede fácilmente llegar hasta las sesenta renovaciones por hora en aquellos casos en que exista calor elevado, olores o productos tóxicos.

Véase **Acondicionador de aire**



Venus

En el año 1601, cuando Galileo dirigió su telescopio hacia el planeta Venus observó que sus fases eran como las de la Luna, lo que constituía en sí una prueba crucial contra las argumentaciones geocéntricas reinantes en la época, según las cuales la Tierra era el centro del Universo. Si bien, de acuerdo con el sistema de Tolomeo, se creía que Mercurio y Venus presentaban fases, se pensaba que éstas no debían ser semejantes a las de la Luna sino que, como dichos planetas se suponían siempre entre la Tierra y el Sol, debían observarse como crecientes.

Venus, o nuestro "planeta hermano" como a veces se le llama, tiene una masa y dimensiones muy similares a las de la Tierra: su masa es 0,82 veces la de la Tierra y su diámetro es, aproximadamente, equivalente a 0,87 veces el terrestre. Es, en orden a su distancia al Sol, el segundo planeta del Sistema solar. Su órbita es casi circular con una inclinación de 3° 24' respecto a la eclíptica. En el punto de su órbita más cercano a la Tierra, su distancia es de "sólo" 42 millones de kilómetros.

Venus tiene una rotación retrógrada, es decir, que si desde un punto situado en el espacio exterior observáramos todo el Sistema solar, podríamos comprobar que Venus gira en el sentido de las manecillas del reloj, mientras que todos los demás planetas lo hacen en sentido contrario. Su velocidad de rotación es, además, muy pequeña, lo que da lugar a que su periodo de rotación, o tiempo necesario para realizar una revolución completa en torno a su eje, sea muy grande: 243 días terrestres. Un grupo de científicos chinos ha ex-

puesto recientemente una curiosa teoría que explicaría la anómala rotación retrógrada que presenta Venus; según esta teoría, el planeta habría experimentado en el transcurso del tiempo un lento pero continuo desplazamiento de su eje, de forma que, aunque en el pasado habría girado como los otros planetas, hoy aparecería completamente invertido. El posible bombardeo por grandes asteroides al que habría estado expuesto, podría haber sido la causa de este supuesto desplazamiento del eje de rotación. De acuerdo con la teoría de la dinamo, según la cual todos los planetas que giran a una determinada velocidad en torno a su eje se comportan como enormes generadores que inducen una corriente eléctrica en el interior de su núcleo, la lenta velocidad de rotación de Venus explicaría la ausencia de un campo magnético en torno al planeta.

Cobertura nubosa Venus es uno de los cuerpos celestes que más destacan sobre el firmamento, siendo el más brillante después del Sol y la Luna. Su distancia angular al Sol, ya considerable, permite verlo antes de la salida de éste, cuando el planeta recorre la parte de su órbita situada al oeste del Sol, y después de su puesta, cuando se encuentra al este del mismo. Popularmente se le conoce por lucero matutino o vespertino. Ante la observación visual y fotográfica normal, presenta una superficie brillante, blanca y uniforme. Desde hace mucho tiempo, los astrónomos saben que la superficie de Venus está totalmente cubierta por espesas nubes, lo que explica su elevado coeficiente

de reflexión o albedo: el 85% de la luz solar que incide, es reflejada.

Las nubes venusianas están dispuestas en dos capas: la superior, sólo visible con luz ultravioleta, es muy tenue y se encuentra a gran altitud; la inferior es muy espesa y se encuentra a unos 60 kilómetros de la superficie del planeta.

Parece ser que están compuestas por ácido sulfúrico (80%) y pequeñas cantidades de otros gases. La casi inexistencia de vapor de agua, tanto en las nubes como en las zonas más bajas de la atmósfera, constituye una de las diferencias más cruciales entre Venus y la Tierra.

Resulta sorprendente que la velocidad de rotación de las nubes sea muchísimo mayor que la del planeta: una vuelta completa cada cuatro días terrestres.

La atmósfera primitiva En un principio, la atmósfera de Venus debió de ser, probablemente, comparable a la que tuvo la Tierra en sus primeros estadios de formación. Los elementos que formaban estos dos planetas, ambos con una zona central o núcleo de material fundido y radiactivo, habrían dado lugar a una atmósfera con un elevado contenido en hidrógeno, helio, oxígeno y nitrógeno, además de los gases nobles como el neón, argón y xenón. Sin embargo, es de suponer que ambos planetas perdieron sus primitivas atmósferas como consecuencia de la evaporación debida a la intensa radiación solar, o como consecuencia, también, de las elevadas temperaturas superficiales causadas por el incesante bombardeo de materia cósmica. Las exhalaciones de gases



A la derecha, fotografía, tomada con luz ultravioleta, de Venus bajo su espeso estrato de nubes. El planeta presenta una estructura (arriba) similar a la de la Tierra; el núcleo, de hierro y níquel, está rodeado por un manto y una corteza de roca silicea. En la página siguiente, arriba, el primer mapa altimétrico de Venus, levantado con ayuda del sistema de radar

instalado a bordo de la sonda Pioneer-Venus, que sobrevoló el planeta el día 4 de diciembre de 1978. Se descubrió la existencia de llanuras, mesetas y elevadas montañas (sólo el 5% de la superficie supera los 2.000 metros de altitud). En estos mapas, elaborados por ordenador, cada color corresponde a una altura: los tonos azules corresponden a las llanuras y los marrones a las zonas elevadas. Los puntos más altos son los Montes de Maxwell, con 10.800 metros.



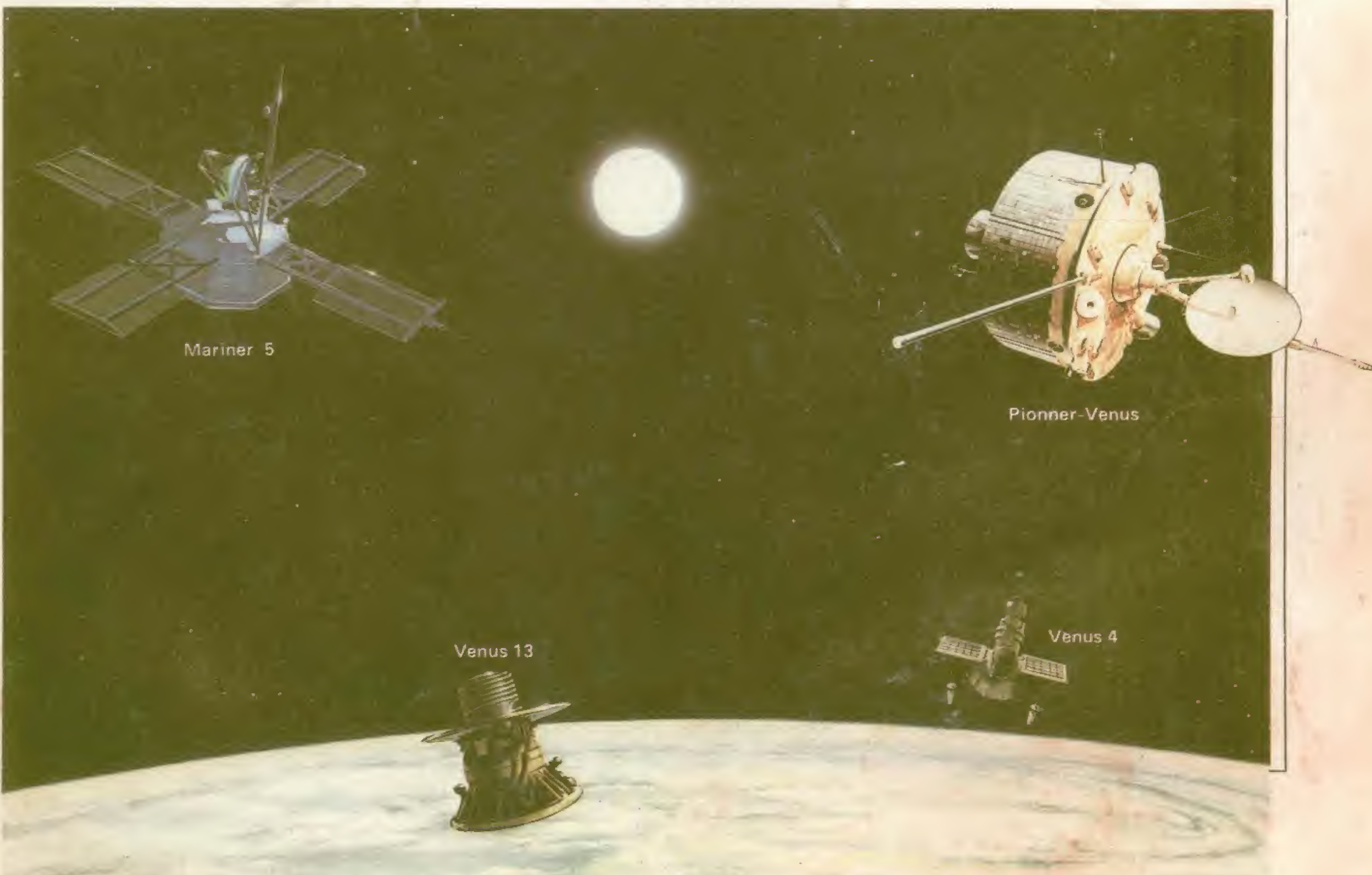
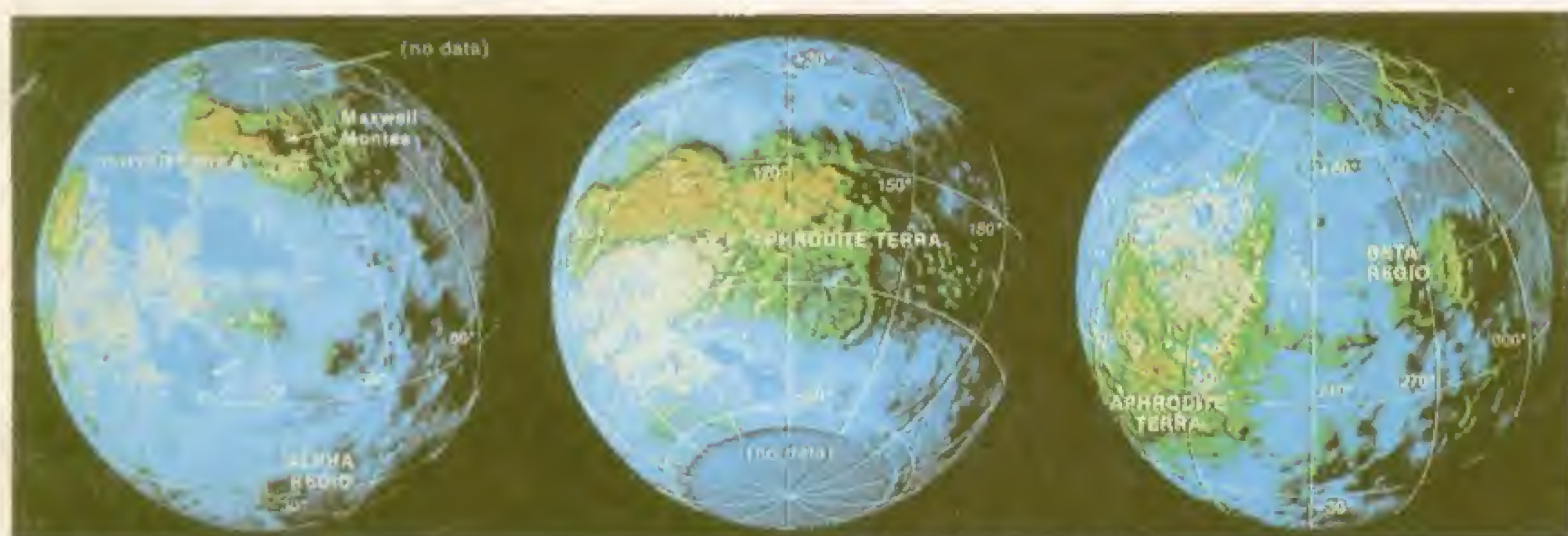


El planeta Venus ha sido estudiado por numerosas sondas espaciales. Entre las más importantes destacan el Mariner 5 y el Mariner 10, que recopilaban valiosos datos sobre su atmósfera, posteriormente ampliados por las sondas Pioneer-Venus y la serie soviética de sondas Venus, que, además, fotografiaron su superficie. Ahora sabemos que la luz solar consigue atravesar la densa

atmósfera, que las piedras y altas rocas proyectan difuminadas sombras oscuras y que el cielo presenta, desde la superficie, un aspecto anaranjado debido a la absorción selectiva de los gases atmosféricos; esta absorción es más fuerte para las longitudes de onda pequeñas y, por lo tanto, para el azul. Las sondas robot han conseguido realizar el primer análisis químico sobre la composición del suelo venusiano.

internos a través de grandes fracturas de la corteza, formadas como consecuencia de los movimientos sísmicos y erupciones volcánicas, también contribuyeron a alterar las atmósferas de ambos planetas que, en un determinado momento, tuvieron que ser bastante similares. En la actualidad, sin embargo, la composición química de la atmósfera de Venus tiene muy poco en común con la que permite la vida en nuestro planeta.

La atmósfera actual de Venus Además de las pequeñísimas cantidades de oxígeno y vapor de agua, la atmósfera de Venus, está compuesta por un 3,5% de nitrógeno y un 96% de dióxido de carbono. Su superficie carece casi totalmente de agua. Si hipotéticamente pudiéramos cubrir toda la Tierra con el agua que hay sobre su superficie, obtendríamos una capa uniforme con un espesor de 2.400 metros.



Por el contrario, este mismo experimento realizado sobre la superficie de Venus daría como resultado una capa uniforme de agua de no más de 30 cm de espesor. Con la finalidad de explicar esta gran diferencia entre las cantidades de agua existentes en ambos planetas se han elaborado distintas teorías: en una de ellas se plantea la posibilidad de que Venus, como consecuencia de su mayor proximidad al Sol, tuviera mucha menos cantidad de agua ya desde sus primeros estadios de formación. Otra teoría, de mayor rigidez y amplitud científica que la anterior, se basa en los efectos de un proceso físico denominado *fotodisociación*, consistente en la disgregación de las moléculas del vapor de agua por efecto de la acción ejercida por la radiación ultravioleta procedente del Sol: esta disociación o disgregación daría lugar, en la atmósfera venusiana, a la liberación de hidrógeno y oxígeno molecular; y, mientras que el primero, más liviano, escaparía fuera de la atmósfera, el oxígeno, más pesado, precipitaría sobre la superficie del planeta, donde intervendría en diversos procesos químicos para formar otros compuestos.

Este fenómeno, sin embargo, carece de importancia en la Tierra dado que las bajas temperaturas reinantes en las capas estratosféricas hacen que el vapor de agua se condense en pequeñas estructuras cristalinas que resultan inmunes a la acción de los rayos ultravioleta.

Efecto invernadero Otra singularidad relacionada con la falta de agua sobre Venus es la alta temperatura reinante sobre el planeta, debida, fundamentalmente, a un curioso efecto invernadero que permite la entrada de calor, pero no su salida. Las temperaturas sobre la superficie alcanzan los 460 °C, es decir, un valor por encima

de los puntos de fusión del plomo, del estaño y, desde luego, del punto de evaporización del agua. Si nos fuese posible observarlo desde cerca, comprobaríamos que su superficie es de color rojizo debido al propio calor. Este estado térmico se conserva bastante uniformemente a lo largo de toda la superficie, gracias, sobre todo, a la existencia de unos vientos de componente este-oeste que la recorren y envuelven cada cuatro días; de hecho, estos vientos empujan y reparten el aire caliente también sobre la parte no iluminada del planeta, que, teóricamente, debería permanecer más fría.

Como consecuencia de la elevadísima concentración de dióxido de carbono en el aire, la presión atmosférica es también muy elevada, equivalente a 94 atmósferas terrestres (esta presión es semejante a la que existiría en la Tierra a una profundidad marina de 1.000 metros). Todas estas condiciones permiten que tenga lugar el efecto invernadero.

Dado que Venus se encuentra 0,72 veces más cerca del Sol que la Tierra y que recibe una radiación solar 1,9 veces mayor que la nuestra, durante mucho tiempo se supuso que en Venus reinaba un clima templado, protegido por el compacto escudo atmosférico que, muy probablemente, lo equilibraba regulando el calor y la radiación sobrantes. La razón que explica el sofocante calor sobre la superficie de Venus reside en que el dióxido de carbono retiene la radiación que lo atraviesa, en forma de radiación infrarroja. Algo similar podría haber sucedido en la Tierra; sin embargo, la menor temperatura reinante sobre la superficie de nuestro planeta (-20 °C) durante su formación permitió que las rocas absorbiesen el dióxido de carbono que escapaba de su interior, convirtiéndolo en diferentes compuestos sólidos. La

temperatura venusiana no permitió, evidentemente, que tuviese lugar esta absorción. Por el contrario, la temperatura, al igual que la presión atmosférica, aumentó todavía más, dado que cada vez era mayor la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera. En conclusión, el aumento de dióxido de carbono en la atmósfera propicia el efecto invernadero, que se traduce en un aumento de la temperatura sobre la superficie del planeta al convertirse aquél en una especie de capa filtradora que impide la salida de la radiación, que, por tanto, se acumula sobre la superficie en forma de calor creciente.

El efecto invernadero sobre la Tierra se está convirtiendo en un factor de preocupación en los últimos años, pues su acción puede dar lugar en el futuro a un proceso de desertización si no se toman las medidas oportunas: en efecto, la falta de cuidados y el progresivo deterioro y contaminación de la atmósfera terrestre por diversos factores se traducen en un visible aumento de la concentración de dióxido de carbono y otros gases. La transparencia que, en otros tiempos, ofrecía nuestra atmósfera a la reflexión hacia el espacio de gran parte de la radiación procedente del Sol ha disminuido de tal forma que una gran cantidad de ésta se ve atrapada en forma de calor sobre la superficie del planeta, cuya temperatura aumenta, de esta manera, progresivamente; es decir, si no se pone fin a la contaminación atmosférica se corre el peligro de que el clima terrestre se haga cada vez más cálido y se produzca un inevitable proceso de desertización.

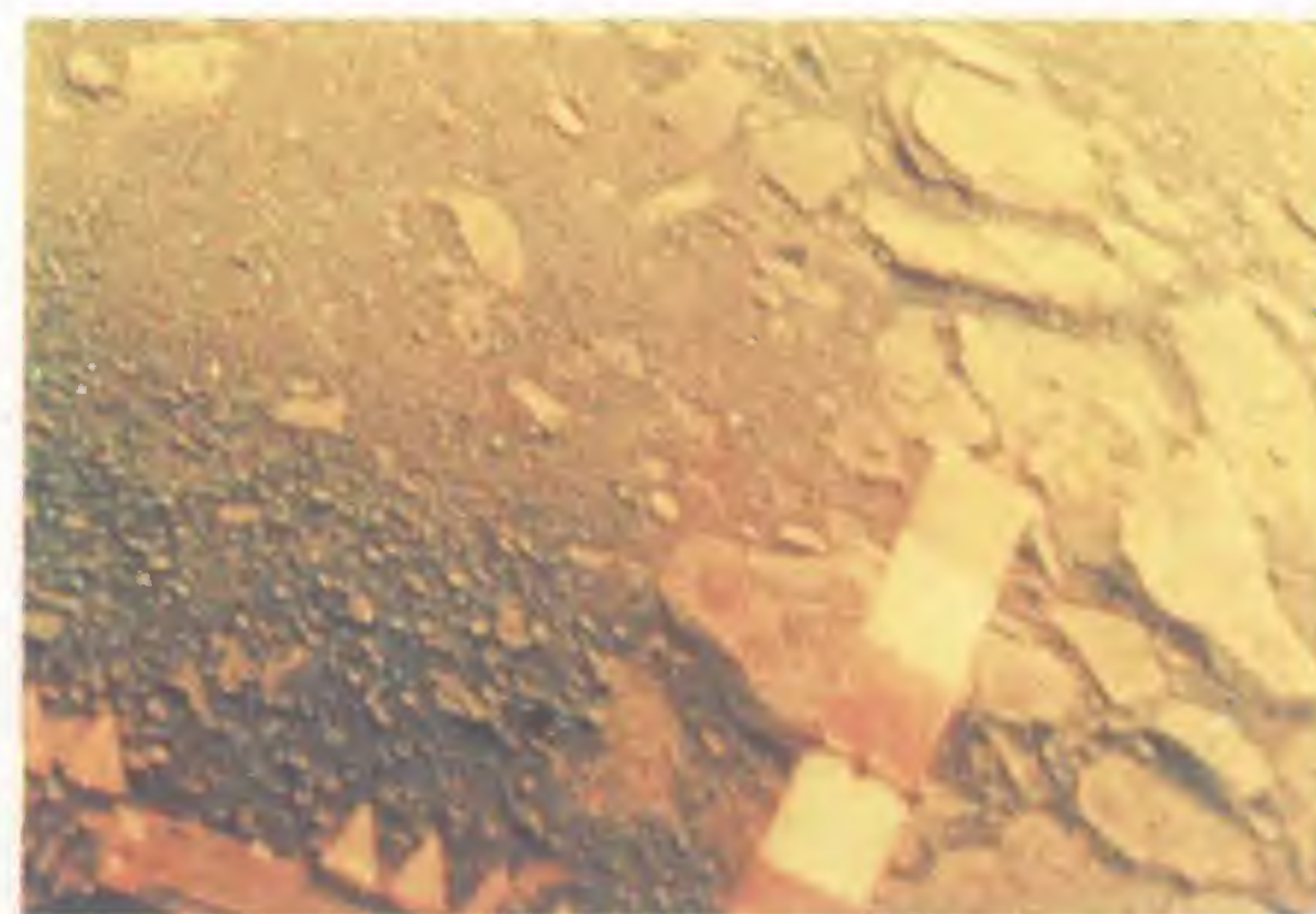
Condiciones superficiales y posibilidades de vida Recientes estudios sobre la geografía venusiana, llevados a cabo con la ayuda de señales de radar reflejadas so-



La sonda soviética Venus 13, antes de sobrepasar el nivel de 480 °C de temperatura y 90 atmósferas de presión, transmitió estas dos imágenes: se observan rocas dispersas, parte de la propia sonda y una

parte de la atmósfera venusiana de color amarillo-anaranjado. Venus 13, que descendió sobre el planeta, transmitió durante 127 minutos, diversos datos a la nave nodriza que se encontraba a 36.000

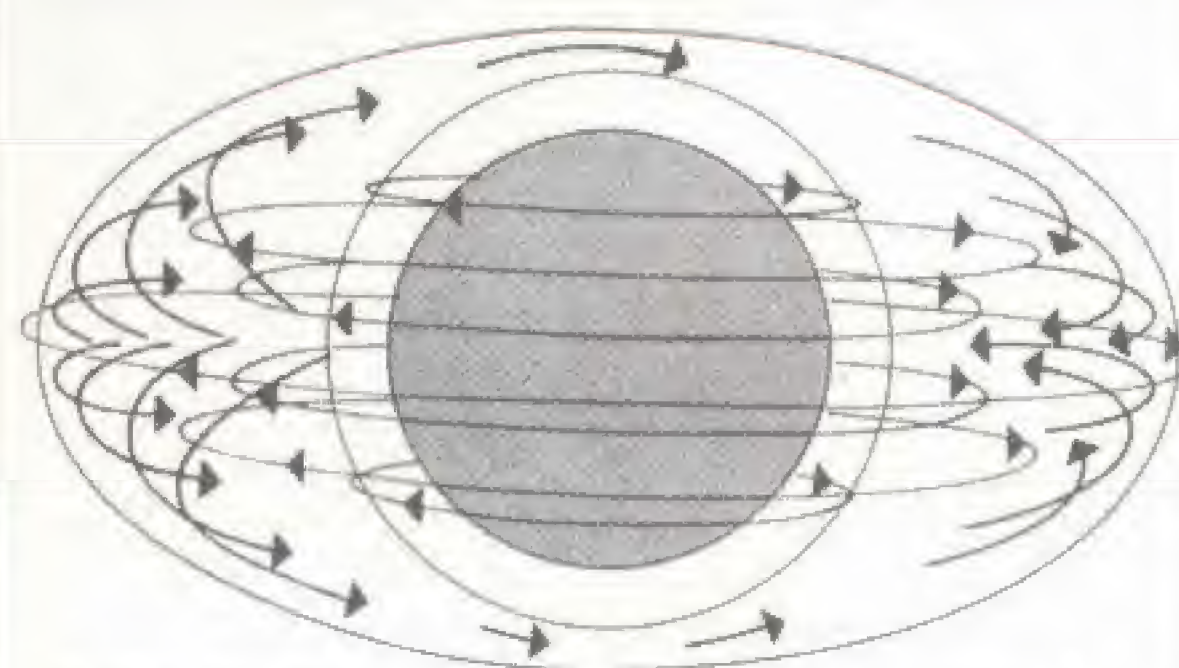
km de distancia y cuya misión consistía en retransmitirlos a la Tierra. Lo mismo sucedió con la sonda Venus 14, que descendió sobre el planeta en otro punto situado a varios miles de kilómetros del lugar



en que lo hizo la Venus 13. En la página siguiente, secuencia de fotografías obtenidas por el Pioneer-Venus en febrero de 1979, donde se aprecia el movimiento del viento que azota la superficie

de Venus y el consiguiente arrastre de las capas de nubes. Entre la primera y la última fotografía, transcurrieron 8 días terrestres. Parece ser que el motor de estos complejos movimientos es la propia energía

solar: en efecto, la diferencia de temperatura entre el lado iluminado por el Sol y el que se mantiene oculto, sería la responsable de las violentas tormentas en las regiones ecuatoriales.



Arriba, los datos registrados por las distintas sondas sugieren que en la atmósfera de Venus circula una corriente que asciende del ecuador a los polos, desde donde, tras enfriarse, desciende de

nuevo al ecuador. A este movimiento hay que añadir la rotación de la capa nubosa de este a oeste y a una velocidad de casi 100 metros por segundo (360 km por hora), 60 veces superior a la de rotación del planeta.

bre la superficie del planeta, indican la existencia de montañas, volcanes, mesetas y llanuras, así como de una profunda (2.800 metros) grieta en la superficie (rift), similar al *Valles Marineris* de Marte.

Probablemente, la superficie de Venus está continuamente azotada por intensas tormentas de arena, de manera que las llanuras bajas observadas podrían estar cubiertas de polvo planetario. De ser correctas estas suposiciones, sobre la superficie de Venus se podría producir un interesante fenómeno de refracción óptica: en efecto, esta refracción sería tan elevada que permitiría a un observador ver más allá de su horizonte real, de manera tal que dicho observador parecería encontrarse en el fondo de una depresión cóncava, aunque la superficie a su alrededor fuese plana. Algunos científicos, los más atrevidos, afirman que la refracción en Venus puede ser tan intensa que, al menos en la teoría, un observador podría verse la parte posterior de su cabeza sin la ayuda de un espejo.

Estos extraños efectos ópticos, combinados con la presencia de gases densos y corrosivos y las elevadas temperaturas desaconsejan a Venus como un posible candidato a ser habitado, en un futuro, por los seres humanos.

Véase **Efecto invernadero; Planetas**

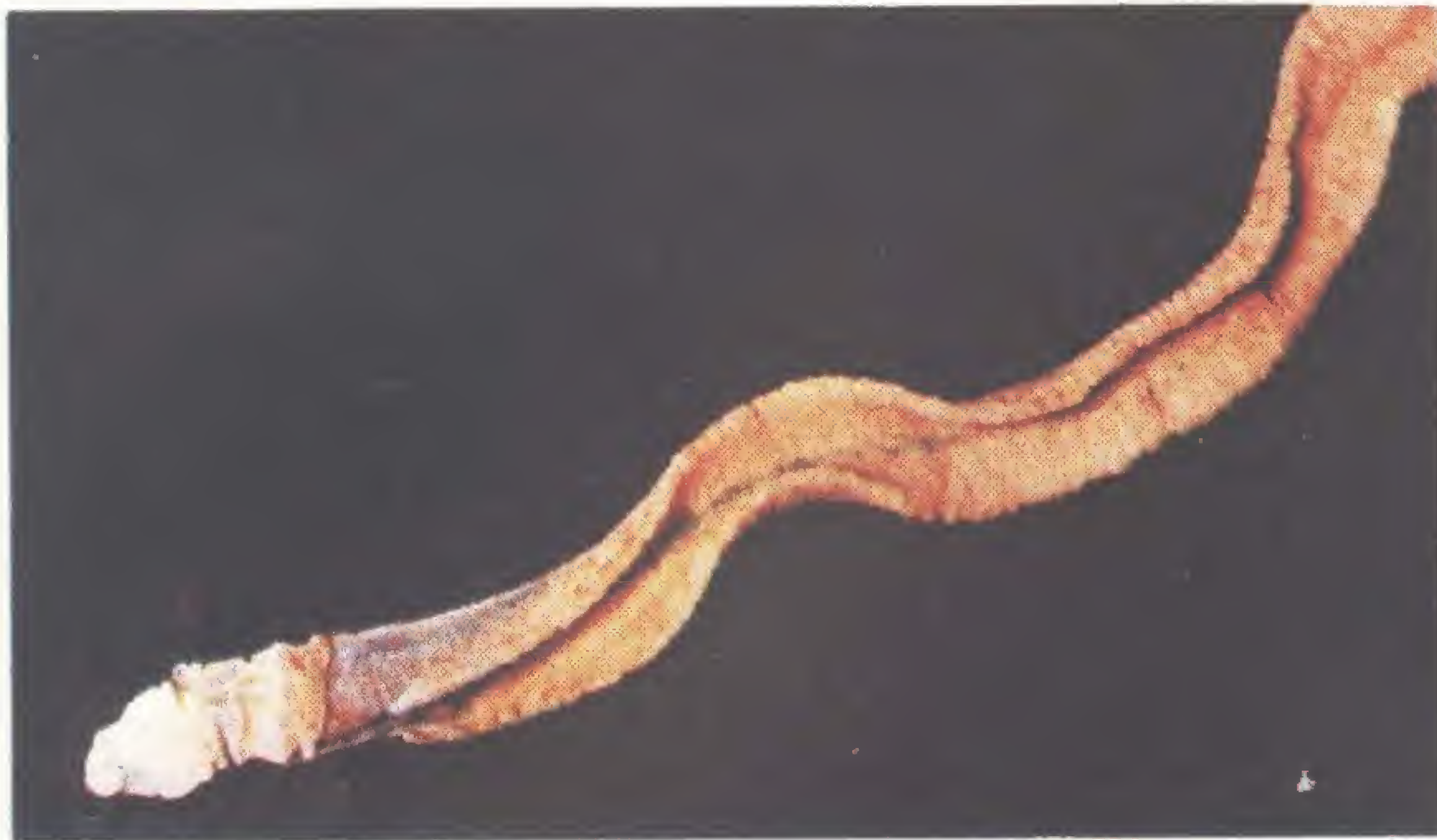
Vertebrados

Hace unos 470 millones de años, durante el período Ordovícico, los cursos de agua se llenaron de pequeños peces dotados de una coraza de placas óseas. Estos peces, llamados ostracodermos, son los primeros representantes conocidos de una numerosa familia de organismos denominados *vertebrados*.

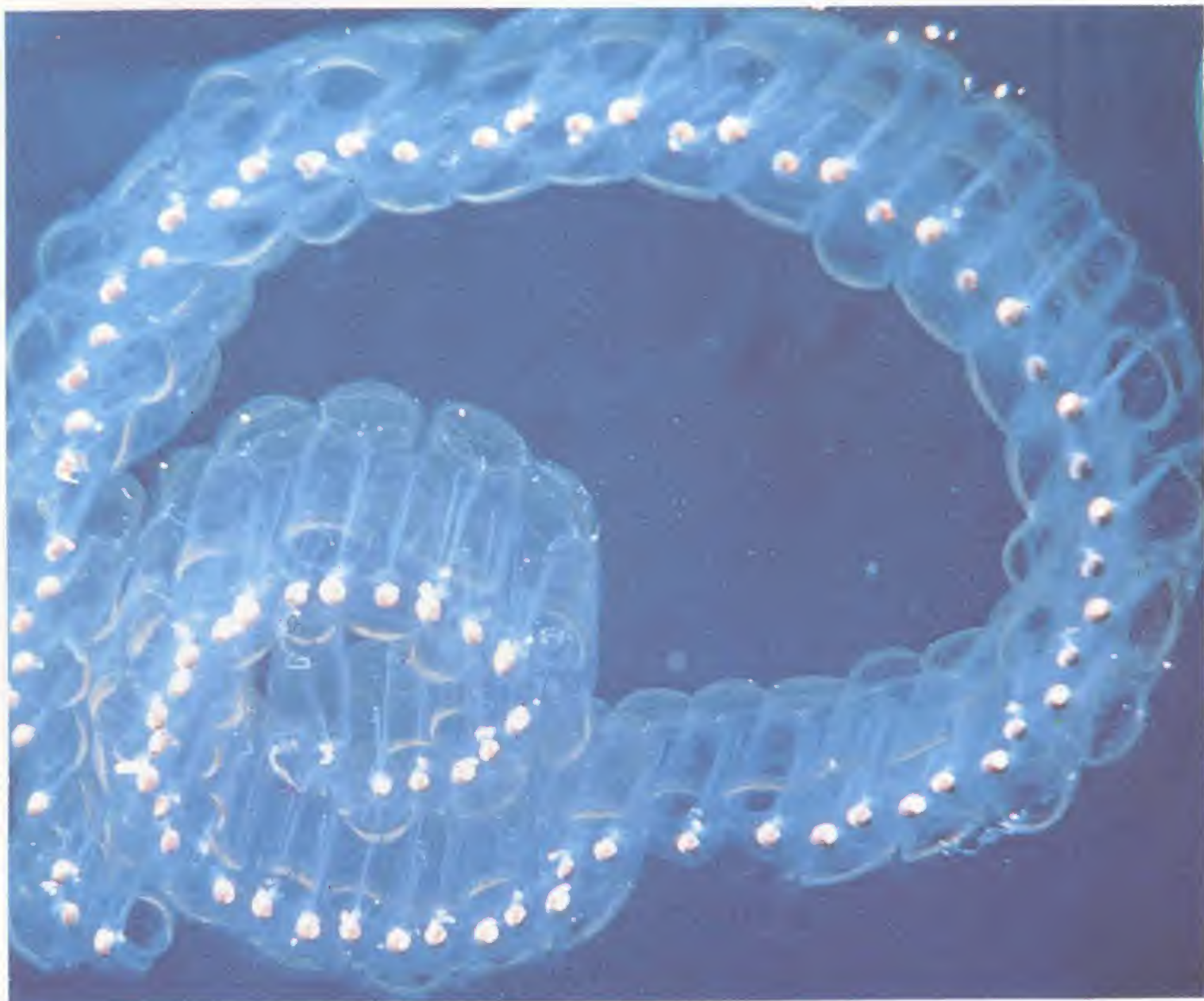
El grupo actual de los vertebrados comprende criaturas muy diferentes, entre las que se encuentran serpientes, águilas, peces, jirafas, ranas y el hombre.

Los vertebrados están clasificados dentro del *Phylum* de los cordados, y constituyen un *Subphylum* aparte. En la actualidad se considera que los cordados son el eslabón que une a vertebrados e invertebrados. Bajo estas líneas, *Balanoglossus*, un hemicordado marino; a la derecha, graptolitos,

unos organismos coloniales del Paleozoico, ya extinguidos, análogos a los hemicordados actuales; abajo, colonia de salpas, del grupo de los urocordados. En la página siguiente, la evolución de los vertebrados y las relaciones filogenéticas entre las distintas clases.



Los vertebrados más antiguos que se conocen son los Agnatos, criaturas acuáticas con respiración branquial y cuerda dorsal, dotadas de una poderosa coraza dérmica que ha facilitado su fosilización. La lamprea es uno de los escasos representantes de vertebrados primitivos, carentes de extremidades y mandíbulas, que ha llegado hasta nosotros. Sin embargo, la estructura de estos vertebrados del período Ordovícico es demasiado especializada para que constituyan el primer estadio evolutivo de los vertebrados. Es evidente que los cordados (y por consiguiente los vertebrados) debieron de evolucionar a partir de un grupo de invertebrados. La búsqueda de este grupo es uno de los temas más interesantes de la Biología. Probablemente, jamás sabremos cuál fue el primer cordado que apareció sobre la Tierra, ya que sus características han hecho muy difícil su conservación en estado fósil.



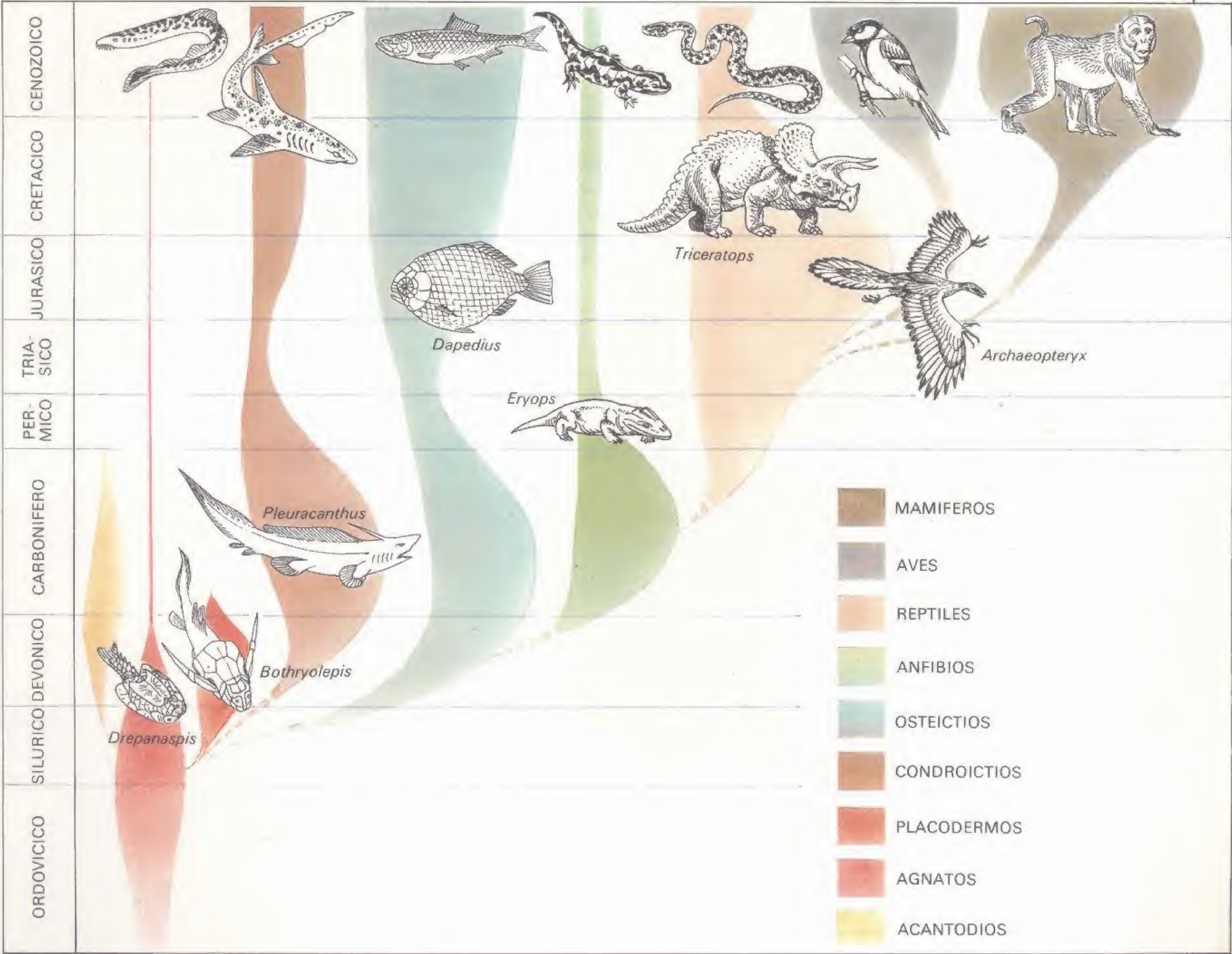
La principal característica que distingue a los vertebrados (subtipo de los cordados) del resto de los animales es la posesión de una estructura ósea dorsal o columna vertebral, que sostiene su cuerpo a lo largo de su eje principal, y de la que parten las ramificaciones de los otros elementos del esqueleto. Además, la columna vertebral sirve para encerrar o proteger la médula espinal, un grueso haz de nervios que sale del cerebro y se reparte por el resto del cuerpo.

bien ciertos peces primitivos, como las quimeras (peces cartilaginosos quimeriformes del grupo de los braquiodontos), conservan la estructura de la cuerda dorsal durante toda su vida, integrándola en la columna vertebral.

Los elementos óseos que forman la columna vertebral reciben el nombre de vértebras. A su vez, cada vértebra está formada por varias partes. La más importante es el cuerpo vertebral, un elemento óseo de sostén situado por debajo de la

mandíbula. En la actualidad, sólo las lampreas y los mixinoideos pertenecen a este grupo que fue tan numeroso en otros tiempos. Se puede reconocer a los agnatos por carecer de verdadera mandíbula y de dientes.

La segunda clase de los vertebrados es la de los Condroictios, o peces cartilaginosos. Se trata de peces con mandíbula verdadera, aunque, en realidad, esta última característica es propia de otra subclase de vertebrados, los selacios, que



Evolución de la columna vertebral En las fases iniciales del desarrollo embrionario, los vertebrados no tienen una columna vertebral, sino una cuerda dorsal, lo mismo que los otros miembros del tipo cordados, o bien una estructura rígida formada por tejidos fibrosos. La cuerda dorsal ocupa una posición central, cerca del haz de nervios dorsales (predecesores embrionarios de la médula espinal), y desempeña una función de estructura de sostén. En la mayoría de los vertebrados, la cuerda dorsal es sustituida por la columna vertebral durante su desarrollo, si

médula espinal. El arco neural (un canal en el que se encuentra la médula) se desarrolla por encima del cuerpo vertebral. A su vez, las espinas neurales pueden sobresalir del arco vertebral. Los músculos que mueven el tronco están unidos a dichas espinas neurales. Las costillas del esqueleto de los vertebrados también parten de los lados de las vértebras.

Los distintos tipos de vertebrados Los ostracodermos del periodo Ordovícico pertenecían a la clase más primitiva de los vertebrados, la de los Agnatos o peces sin

comprende a los tiburones. También pertenecen a esta subclase las rayas y las extrañas quimeras de los abismos.

Los peces óseos (clase de los Osteictios) aparecieron hace unos 400 millones de años, y desde el final del periodo Pérmico (hace unos 250 millones de años) constituyen el tipo de peces más difundido. En la actualidad son también los vertebrados más difundidos; son peces óseos los esturiones, las agujas, la mayor parte de los peces de acuario y de los que se pescan por deporte y para la industria alimentaria: salmones, anguilas, atunes, etc.

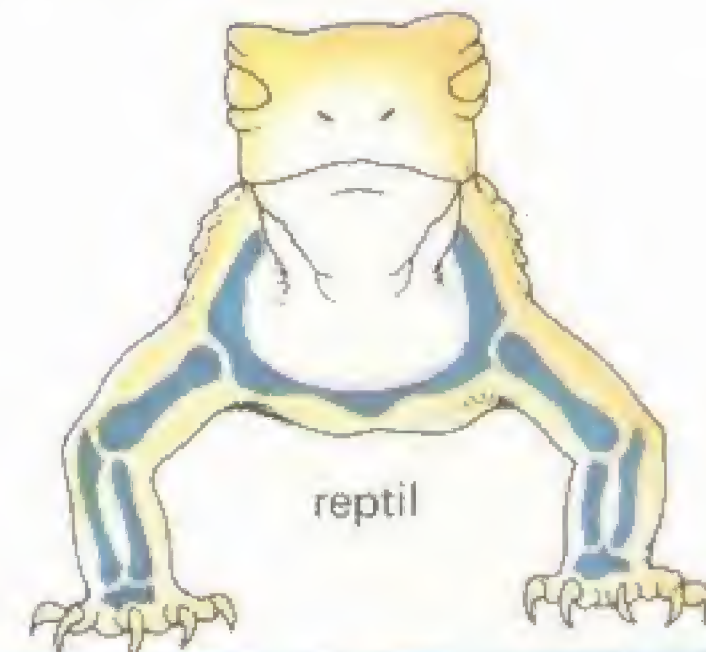
Los primeros vertebrados que empezaron a vivir en tierra firme fueron los Anfibios. Entre los actuales encontramos ranas, sapos y salamandras. Su piel tiene un contenido elevado de agua, y no pueden sobrevivir mucho tiempo sin humedad. Sus huevos, al carecer de membranas que impidan la deshidratación, deben ser depositados también en lugares húmedos. Por ello, la mayoría de los anfibios realiza sus puestas en estanques o en cursos de agua, aunque algunos han desarrollado unas formas de adaptación muy interesantes. Ciertos hílidos de Sudamérica ponen sus huevos en las pequeñas concavidades de las hojas de algunas plantas, como las bromeliáceas, que retienen el agua; la salamandra remendada de Norteamérica, en cambio, los pone en lugares húmedos, debajo de un tronco o una piedra, y coloca su cuerpo alrededor para protegerlos y conservar su humedad hasta el momento de la eclosión. La vida de la mayoría de los anfibios comienza con una fase larvaria acuática; dichas larvas tienen branquias para respirar, y sufren una metamorfosis que las transforma en anfibios adultos. Las branquias, entonces, se convierten en pulmones.

La evolución hacia formas de vida completamente terrestres culminó con la aparición de la clase de los Reptiles. Los reptiles son capaces de evitar la deshidratación de su piel gracias a que la tienen cubierta de escamas córneas.

La historia evolutiva del grupo de los vertebrados es muy larga y complicada. Además de la columna vertebral, poseen otros elementos característicos en la cabeza y las extremidades, que los distinguen de los invertebrados. Poseen un cráneo, que es una caja ósea donde se encierra el cerebro, mientras que el resto de los animales carece de él. Por este motivo, también se conoce a los vertebrados con el nombre de craneados. Además, las extremidades tienen algunas características en común, a pesar de que varían mucho, lo que no se puede afirmar en el caso de los otros animales provistos de extremidades propiamente dichas: los artrópodos. En el dibujo, puede observarse la posición del esqueleto de las extremidades en los anfibios, en los reptiles y en los mamíferos.



anfibio



reptil



mamífero

La clase más homogénea de los vertebrados es la de las Aves. Todas las aves están cubiertas de plumas, son bípedas y poseen un esqueleto muy ligero. Ninguna de las aves actuales tiene dientes. Las que no vuelan, como los avestruces y los pingüinos, descienden de antepasados que, en un momento, fueron capaces de volar.

La última clase de los vertebrados actuales es la de los Mamíferos. Se distinguen del resto de los vertebrados porque tienen pelo y mamas que producen leche

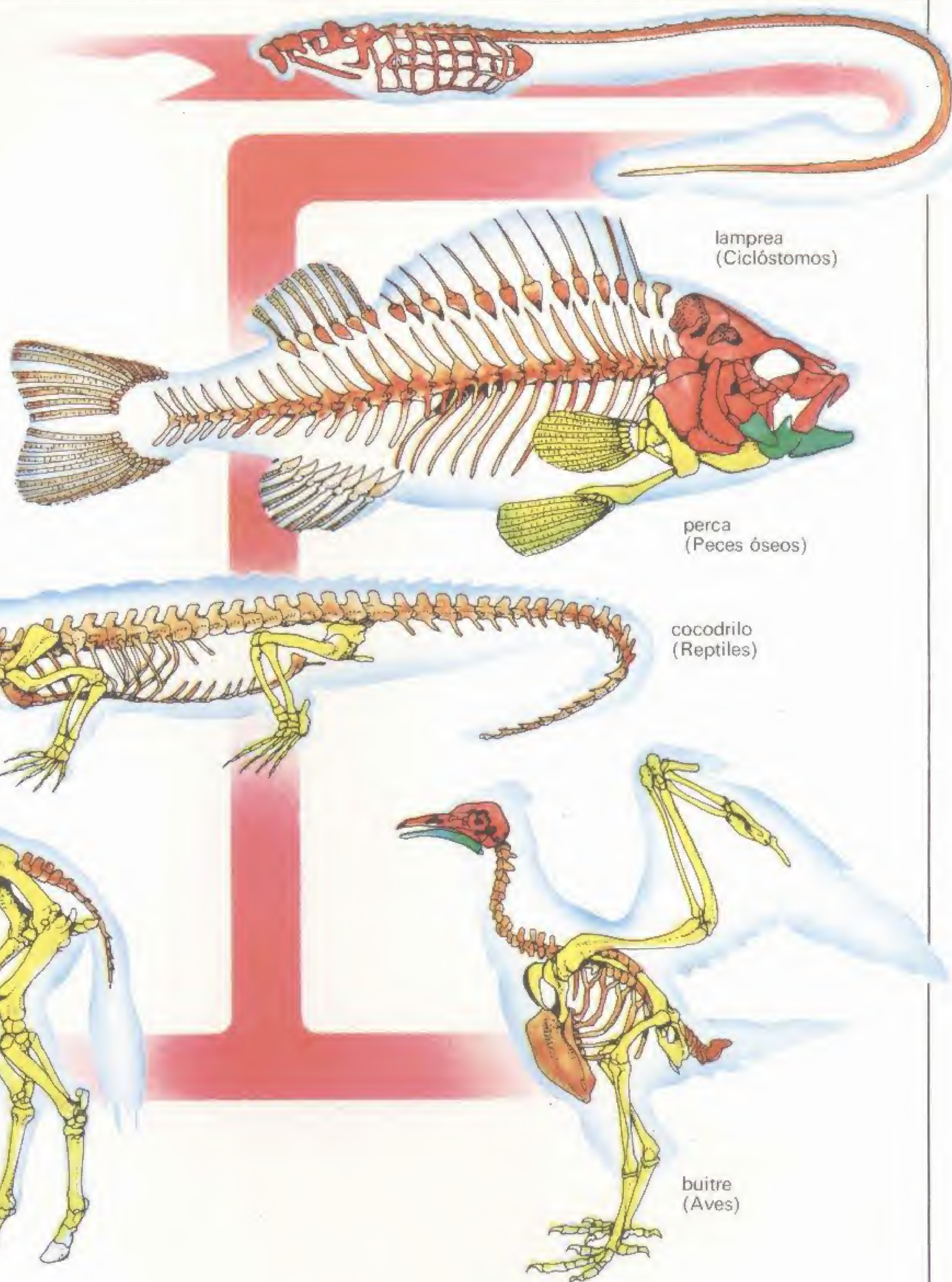
para alimentar a sus crías. Existe una gran variedad de formas entre los mamíferos, según su adaptación a las condiciones ambientales. La mayoría de los animales de esta clase tiene siete vértebras cervicales, característica que puede encontrarse tanto en las jirafas como en los ratones o en el hombre.

Formas y funciones Los peces no tienen mayores problemas para mantener su posición, ya que viven en un fluido que



La columna vertebral es la característica más notable de los vertebrados. También recibe el nombre de espina dorsal. Se trata de una estructura de sostén que se extiende a lo largo del eje longitudinal del cuerpo, y está formada por un número variable de piezas huecas, por cuyo interior discurre un largo cordón nervioso, llamado médula espinal. Las vértebras están unidas por articulaciones muy fuertes, y el conjunto es resistente y flexible al mismo tiempo. La flexibilidad varía

también según las especies. En la ilustración vemos cómo está estructurado el esqueleto de algunos de los principales grupos de los cordados. En marrón claro aparece el esqueleto axial, que en los vertebrados está formado sobre todo por la columna vertebral; en rojo aparece el cráneo, en verde la mandíbula y en amarillo el esqueleto de las extremidades. Estas experimentan importantes modificaciones según las costumbres de la especie: aletas, alas o patas.



sostiene el peso de su cuerpo; por ello, su columna vertebral tiene más bien una función de cohesión, y no de sostén. Como la columna vertebral no se puede comprimir, la tensión de los músculos de uno de sus costados provoca la flexión del cuerpo hacia este lado. Este tipo de flexiones permite, precisamente, que los peces se desplacen por el agua. Los pares de aletas que tienen sirven para realizar maniobras más precisas.

En los vertebrados terrestres, en cambio, la columna vertebral es una estructura que sostiene todo el cuerpo; las extremidades, por su parte, sirven para la locomoción. A diferencia de las vértebras de los peces, las de los vertebrados terrestres varían bastante, según su función y su posición en el cuerpo. En los mamíferos encontramos cinco tipos fundamentales de vértebras: las cervicales, que sostienen la cabeza; las torácicas, que sostienen la

caja torácica; las grandes vértebras lumbares de la parte inferior, que están unidas a distintos haces musculares de gran tamaño; las sacras, que sostienen la cintura pélvica, y las caudales, que no tienen demasiada importancia para la locomoción de los mamíferos, a excepción de algunos seres muy especializados como las ballenas o los monos araña de cola prensil.

La evolución convergente Hay animales que, a pesar de pertenecer a grupos distintos, han desarrollado unas características análogas a las de otros para poder sobrevivir. Este fenómeno se llama convergencia evolutiva. Se puede comprobar claramente en aquellos animales que se han adaptado al mismo tipo de locomoción: así, entre los vertebrados existe convergencia entre los tiburones, los delfines y los reptiles ictiosaurios, ya extinguidos. Tanto los reptiles como los ictiosaurios

descienden de cuadrúpedos terrestres a los que se les han atrofiado las extremidades debido a su adaptación a la vida acuática. Los tres han desarrollado unos cuerpos en forma de huso, y grandes colas aplanadas que les permiten desplazarse con rapidez por el agua mientras dan caza a los animales más pequeños que les sirven de alimento. Otro ejemplo de convergencia evolutiva es el empleo de las extremidades anteriores para el vuelo en las aves, en algunos reptiles voladores extinguidos, llamados pterosaurios, y en los murciélagos.

Hay que descartar que estos animales hayan heredado sus similitudes de un antepasado común; es mucho más probable que hayan llegado a soluciones semejantes de forma independiente.

Véase **Cordados; Evolución animal; Invertebrados**

Veterinaria

Cualquier niño de ciudad puede pensar que un veterinario es un médico de animales domésticos, que cura a los perros y gatos enfermos; pero un niño que viva en el campo sabe muy bien lo importante que es la labor del veterinario para los que realizan faenas agrícolas. El ganadero depende del veterinario para mantener a sus animales sanos, criarlos de forma adecuada y aumentar su productividad. Cualquier epidemia que ataque a los bovinos, los ovinos, los cerdos o las aves de corral puede arruinar a un ganadero en muy poco tiempo. Se considera que en el siglo XVIII, antes de la difusión de las vacunas, murieron unos 200 millones de animales por epizootia (con referencia a los animales el término *epizootia* tiene el mismo sentido que epidemia con respecto al hombre). Hoy día, a pesar de los progresos de la moderna Medicina veterinaria, millones de cabezas de ganado mueren todos los años a causa de diferentes enfermedades.

En la actualidad, los veterinarios tienen que especializar cada vez más su trabajo lejos ya de la tradicional función de prevención, diagnóstico, tratamiento del animal enfermo y curación de las indisposiciones de los animales. Los campos de la Veterinaria están hoy muy diversificados: se acude a los veterinarios para que inspeccionen la carne destinada al consumo humano, para que eviten la difusión de en-

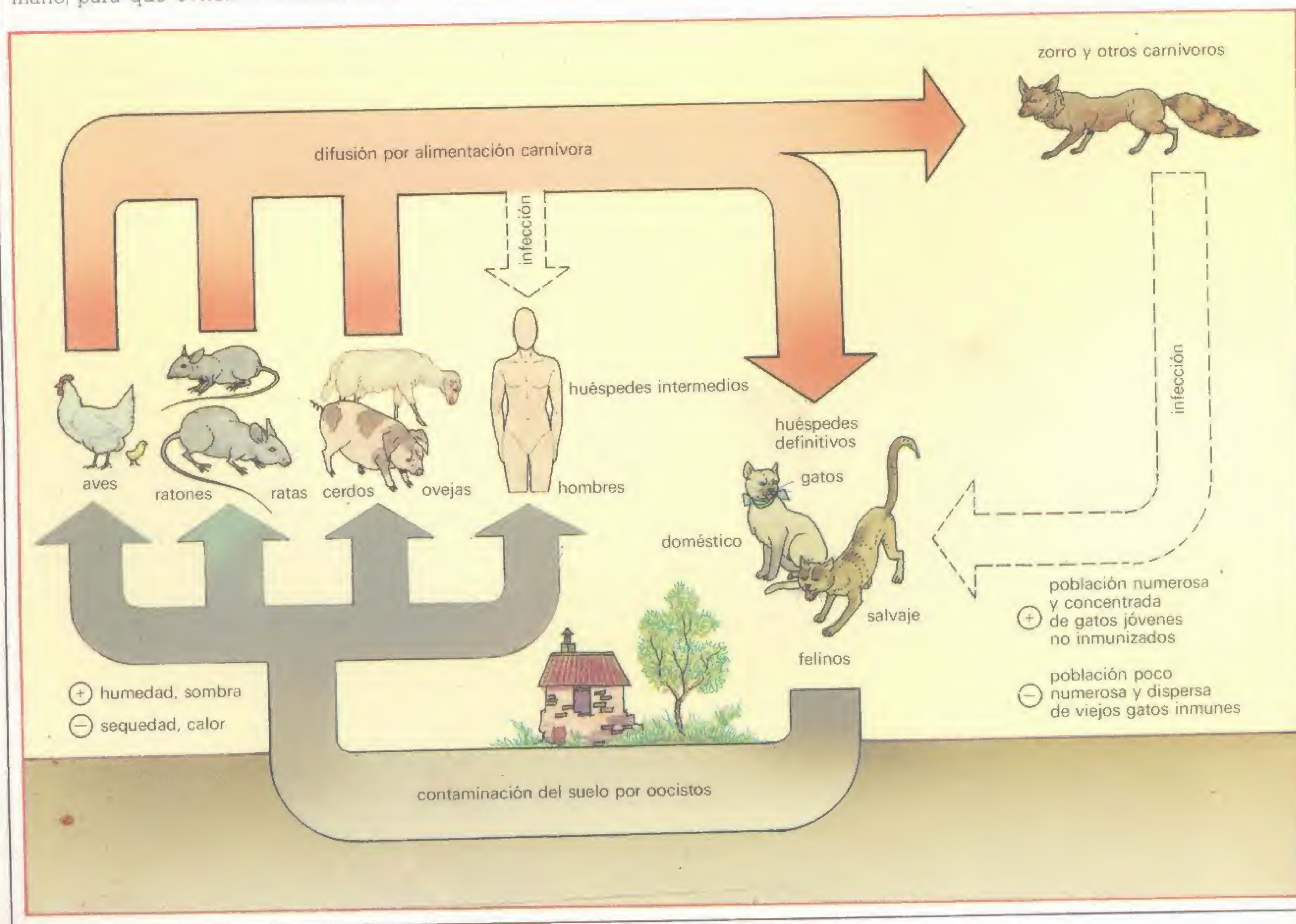
fermedades, como la toxoplasmosis, para que protejan las especies silvestres en peligro, para que cuiden la salud de los animales exóticos en la investigación científica, incluso para que mantengan en forma a los caballos de carreras.

Historia Los antropólogos suponen que el hombre comenzó a utilizar el perro para la caza por lo menos en el año 12000 a. de C., iniciándose así la relación más antigua y conocida existente entre un hombre y un animal. La domesticación de ganado, que probablemente empezó con las ovejas, debió ocurrir alrededor del 9000 a. de C. y se cree que los primeros rudimentos de Veterinaria empezaron a practicarse algo más tarde. Las primeras pruebas documentales de auténticas prácticas veterinarias se remontan a unos 4.000 años atrás, cuando en el antiguo Egipto y en Babilonia se criaban los ovinos y bovinos en rebaños y manadas mientras que los caballos y los elefantes se destinaban a fines militares.

El famoso código de Hammurabi, que lleva el nombre del rey que gobernó en Babilonia del 1792 al 1750 a. de C., describe las tarifas oficiales para la curación de los animales y las penalizaciones por las intervenciones fallidas. Un papiro egipcio encontrado en el desierto de Kahun, zona floreciente en la época babilónica, y fechado en el 1800 a. de C., contiene un tra-

tado, prácticamente completo, de operaciones en los bovinos, junto a una descripción menos precisa de los tratamientos para perros, aves y peces. A pesar de ello la Medicina veterinaria en esas civilizaciones antiguas se limitaba muchas veces a observaciones superficiales relacionadas con los poderes sagrados que se atribuía a algunos animales, lo que impedía el estudio de las partes internas. En aquellos tiempos no era extraño que un guerrero hiciera un funeral a su caballo muerto en batalla y le diera sepultura en una fosa similar a una tumba humana. Fueron los griegos, unos 1.000 años más tarde, quienes elevaron la práctica veterinaria al rango de ciencia con base empírica, ya que creían en la superioridad espiritual del hombre sobre las demás criaturas.

Según Hipócrates (460-377 a. de C.), conocido como padre de la Medicina moderna, hay tres fuentes fundamentales de conocimiento médico: las observaciones y experimentos personales, la comprobación de los resultados de anteriores experimentos y observaciones, y la analogía, según la cual se puede suponer que si una cura es eficaz en un caso, podrá serlo también en otro. Hipócrates no era muy partidario, ni para los hombres ni para los animales, de los remedios populares, muchos de las cuales se aplican todavía al ganado en las tribus africanas masai, dinka y suk. Técnicas como la sangría han sido

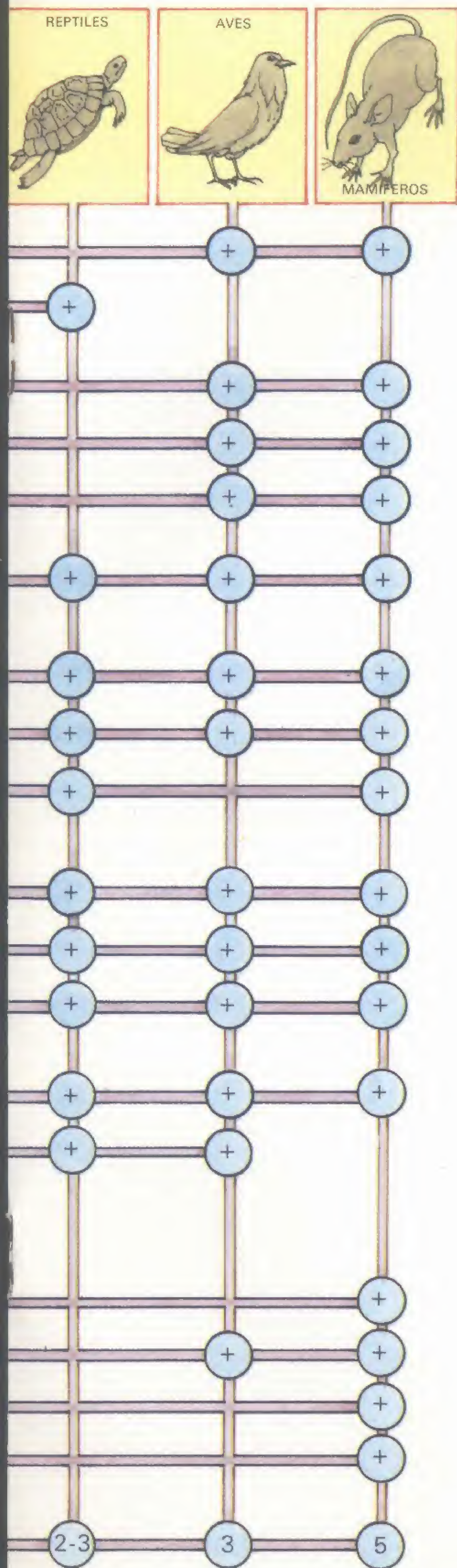




El *Toxoplasma*, un género de protozoos que provoca graves enfermedades, especialmente en los recién nacidos, se transmite a través de la comida (carne cruda, verdura y fruta) o por contacto con la tierra, los animales u otros objetos contaminados por los oocistos del protozoo (página anterior). Hay ciertos factores (+) que favorecen la difusión del germen, mientras que otros (–) la obstaculizan. La infección de *Toxoplasma* se previene de varias formas: cociendo la carne, congelándola a -20°C , cuidando la higiene personal, etc.; en este sentido, la

intervención preventiva de la Medicina veterinaria ha resultado muy eficaz. Gracias a los conocimientos de esta rama científica se puede controlar en la actualidad la difusión de la toxoplasmosis, al menos en parte. Dicha difusión tiene lugar sobre todo a través de los gatos, por lo que se recomienda alimentar a estos animales con carne bien cocida o con alimento preparado, ya desde que son pequeños. Si se controlan las condiciones higiénico-sanitarias de los lugares donde se crían animales, por ejemplo caballos, se está garantizando la salud humana.

VERTEBRADOS		AGNATOS		PECES		DIPNOOS		ANFIBIOS			
PROPIEDADES INMUNITARIAS		CARTILAGINOSOS		OSEOS				INFERIORES		SUPERIORES	
RECHAZO DE LOS TRASPLANTES											
AGUDA											
CRONICA											
MHC											
GENES Ir											
GENES PARA COMPATIBILIDAD TISULAR											
(MHC = Complejo Mayor de Histo-compatibilidad)											
COMPLEMENTO											
TIMO											
BAZO											
GANGLIOS LINFATICOS											
MACROFAGOS											
LINFOCITOS											
CELULAS PLASMATICAS											
Ig de alto PM (APM)											
Ig de PM intermedio (-170.000) (PMI)											
Ig de bajo PM (-120.000) (BPM)											
IgG											
IgA											
IgE											
IgD											
NUMERO DE CLASES DE INMUNOGLOBULINAS											



muy corrientes en la civilización occidental hasta principios del presente siglo. Hipócrates fue el primero que adoptó formalmente y aplicó el concepto de Medicina comparada, relacionando entre sí los descubrimientos de la Medicina en diferentes campos. En griego la palabra veterinario (*hippiatroí*) significa "médico de caballos"; la palabra que empleamos nosotros deriva del latín *veterinarius*, que significa "aquél que se ocupa de la alimentación de los animales".

Tras la caída del Imperio romano, la ciencia veterinaria, como tantas otras, sufrió un importante retroceso. Durante los 1.300 años que siguieron, los que solían ocuparse de las enfermedades de los animales eran los herradores (encargados de herrar a los caballos), que carecían, por lo general, de las nociones adecuadas. Sólo cuando la peste bovina, una enfermedad ocasionada por un virus similar al del moquillo de los perros y al del sarampión humano, asoló Europa en el siglo XVIII, diezmando rebaños enteros de bovinos (que constituían una de las principales fuentes de alimento en esa parte del mundo en plena expansión demográfica), las clases nobles dirigentes consideraron oportuno financiar la investigación de la ciencia veterinaria, que se tradujo en la creación de la primera universidad de Veterinaria en Lyon, Francia, en 1762. Tres años más tarde se fundó, en Alfort, la segunda.

La moderna Veterinaria Se puede decir que los siguientes ciento cincuenta años constituyen la época dorada de la ciencia veterinaria, en la que se crean facultades de Veterinaria en toda Europa y en Estados Unidos. En 1796 el cirujano inglés Edward Jenner puso en práctica el proceso de la vacunación; había descubierto que la inoculación de material extraído de las pústulas de vacas con viruela (una enfermedad no demasiado grave

en los animales) prevenía la aparición de la viruela en los seres humanos, una de las principales causas de mortalidad infantil en esa época. Ochenta años más tarde, el médico alemán Robert Koch descubrió el origen bacteriano del ántrax, que había asolado durante siglos el ganado bovino y ovino en Europa. Pero fue el gran químico y microbiólogo francés Louis Pasteur quien supo resumir todos los esfuerzos de sus colegas. En 1881, tras haber perfeccionado una técnica para reducir la virulencia de muchos microorganismos patógenos, Pasteur vacunó con éxito un rebaño de ovejas contra una enfermedad letal. Cuatro años más tarde salvó la vida de un niño de nueve años que había sido mordido por un perro rabioso, inoculándole una forma debilitada del virus de la rabia.

Pasteur defendió con energía la aplicación práctica de la ciencia, propiciando una estrecha colaboración entre la industria y la universidad. La Veterinaria moderna sigue estando muy vinculada a su filosofía, y trabaja en estrecha colaboración con otras ramas de la Medicina y de la industria para reducir las amenazas de las enfermedades que atacan a los animales.

Los veterinarios que trabajan en las ciudades se dedican sobre todo a curar a los pequeños animales domésticos; realizan visitas, diagnostican y curan enfermedades como el moquillo, que se puede prevenir vacunando a los cachorros. También llevan a cabo operaciones quirúrgicas, sobre todo en caso de accidentes, y esterilizaciones, especialmente en los gatos domésticos.

En el campo, la mayor parte de la actividad veterinaria se centra en la prevención, control y eliminación de enfermedades en las vacas, ovejas, cerdos y aves de corral, mediante la cuarentena y la inmunización. Todos los días los veterinarios especialmente preparados trabajan en las granjas y en los mercados de ganado realizando análisis de sangre, exámenes clínicos e inmunizaciones contra las enfermedades. En este sentido, el estudio de la inmunidad ha adquirido gran importancia.

También hay veterinarios dedicados a la investigación. Se trata de grupos de vanguardia que estudian, por ejemplo, la forma de que una buena calidad de la leche de vaca se convierta en un carácter hereditario, incrementando al mismo tiempo la productividad. Los recientes progresos de la técnica de fecundación artificial han asegurado la supervivencia de especies en vías de extinción. La investigación en el campo de la veterinaria oceánica va cobrando importancia a medida que el hombre descubre los secretos de la vida acuática. No obstante, a pesar de los avances conseguidos, aún existen ciertas enfermedades que atacan a los animales terrestres, como la bovina y felina, acerca de las cuales queda bastante por descubrir.

En la tabla se ilustra algunos de los logros más útiles de la Veterinaria moderna. De arriba a abajo aparecen una serie de características inmunitarias, como la capacidad de aceptar trasplantes o injertos de tejidos, la producción del complemento (sustancias que intervienen en la reacción antígeno-anticuerpo), la actividad de órganos linfáticos, como el timo, el bazo y los ganglios linfáticos, la de los glóbulos blancos y las inmunoglobulinas (Ig) de distinto peso molecular (PM), la de varias clases de Ig dotadas de distinta movilidad durante el análisis electroforético y el número de sus "clases" definido con métodos analíticos

más refinados aún. Los signos + indican que ese fenómeno tiene lugar, mientras que los signos - indican lo contrario. Los ± indican que es accidental. Se puede observar que las distintas categorías sistemáticas presentan un desarrollo cada vez más complejo de su sistema inmunitario, alcanzándose en los mamíferos los niveles más altos. Esto es un indicador de la magnitud de los problemas que hay que afrontar en la prevención de enfermedades. La necesidad de curación y prevención, así como los numerosos problemas derivados de la conservación de la fauna en vías de extinción, hacen que la Veterinaria recurra cada vez más a tecnologías muy refinadas y eficaces

Véase **Animal; Animales en peligro de extinción; Vacunación**

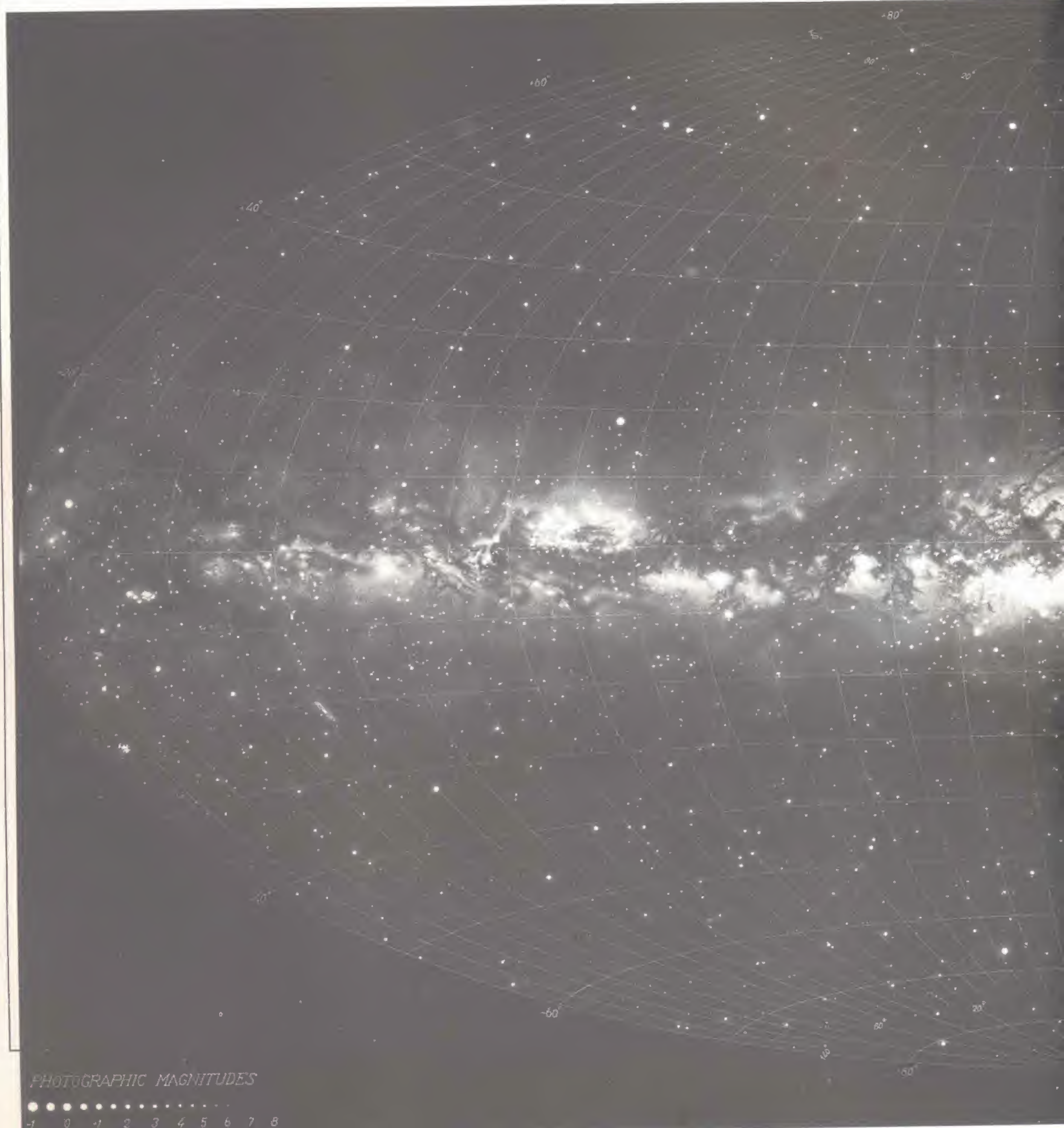
Vía Láctea

Si en una noche despejada observamos la bóveda celeste, distinguiremos una franja luminosa de luz que la atraviesa de una parte a otra del horizonte. Este arco luminoso era conocido por los griegos con el nombre de "Gala" (leche) celestial, término que evolucionó hasta los actuales de "Galaxia" o "Vía Láctea". Tan sólo una minoría de la comunidad científica griega llegó a intuir que la Vía Láctea era un grandioso complejo estelar, cuya luminosidad era debida al efecto conjunto de los diversos astros que la constituirían; la mayor parte de los pueblos y civilizaciones de la antigüedad mantuvieron un punto de vista equivocado al respecto.

Sólo cuando Galileo ideó y fabricó el primer telescopio, en el año 1609, se pudo comprobar que, en efecto, la Vía Láctea estaba constituida por un gran número de estrellas y de zonas nebulosas de gran luminosidad y de naturaleza desconocida.

Hoy, con la ayuda de los modernos telescopios ópticos, de los radiotelescopios de gran alcance y de las potentes computadoras de alta velocidad, ha sido posible adquirir un conocimiento mayor de este gran complejo estelar que constituye la Vía Láctea; sin embargo, todavía muchos de los 100.000 millones de objetos estelares que la forman siguen siendo una incógnita y una fuente de misterios.

Dimensiones galácticas El hecho de que la mayor parte de las estrellas que observamos esté concentrada dentro de este vasto cinturón de luz se debe a que el Sol, junto con su sistema planetario, está situado dentro de la enorme concentración de estrellas en forma de rueda o disco que constituye la Galaxia. El disco galáctico presenta un gran grosor en su centro o núcleo, que va progresivamente descendiendo a medida que nos desplazamos hacia los bordes. Aunque se tiene una idea aproximada tanto del tamaño como de la forma de nuestra Galaxia, es muy difícil poder afirmar categóricamente nada sobre su aspecto real.



Lo que si resulta prioritario, si queremos estudiar y penetrar en los enigmas de la Vía Láctea, es adaptarnos a una nueva escala de medidas que nos permita expresar e imaginar configuraciones que resultarían totalmente imposibles de concebir a escala terrestre. Por lo general, las distancias estelares suelen expresarse en años-luz: un año-luz es la distancia que recorrería un rayo de luz que se desplazase en el vacío durante un año terrestre, y equivale a $9,4 \times 10^{12}$ km. El disco de la Galaxia tiene un diámetro de 100.000 años-luz aproximadamente y su espesor oscila entre 3.000 años-luz en los bordes y más de 15.000 en el centro.

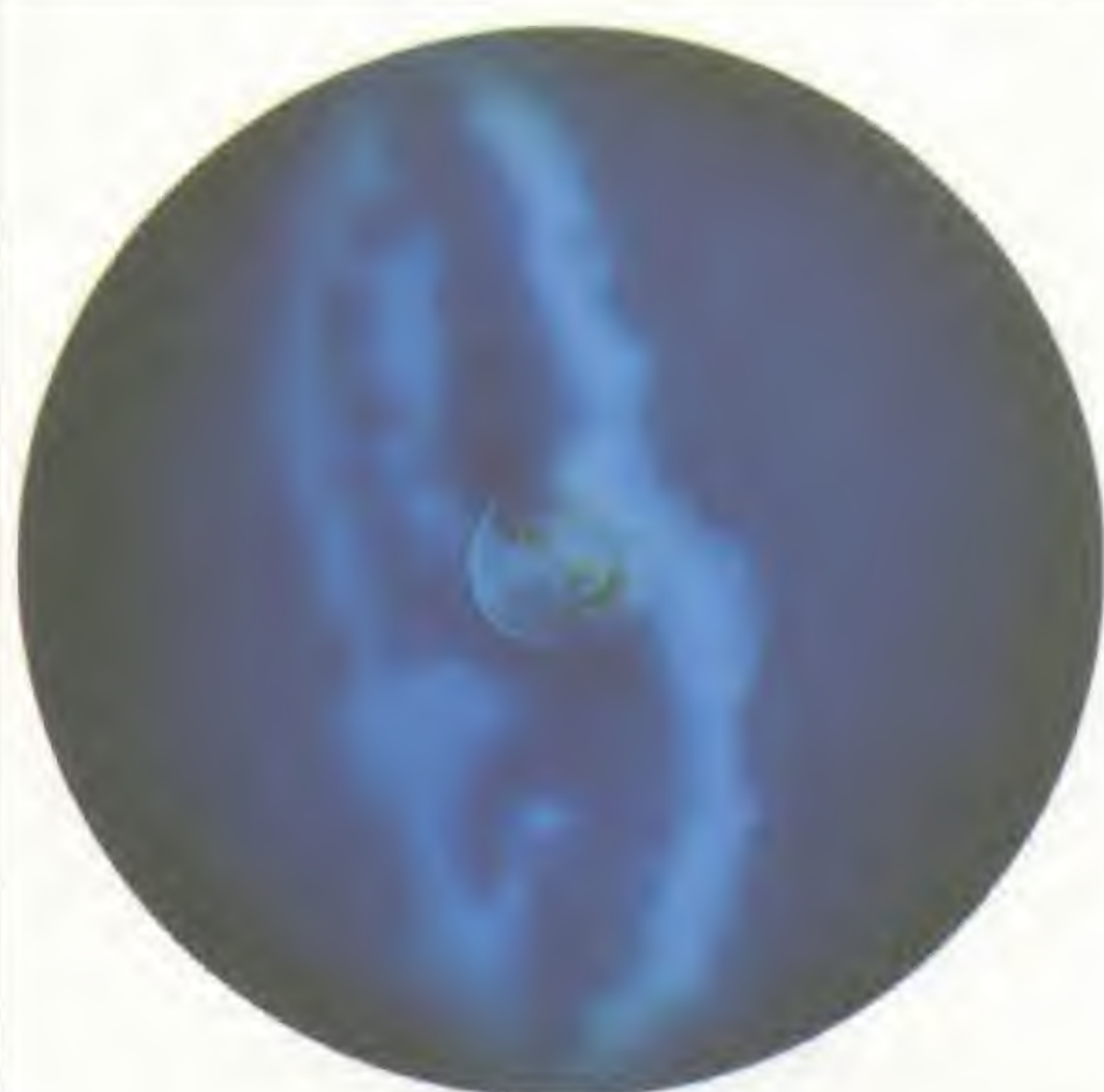
Nuestro Sol, una entre los miles de millones de estrellas que forman la Vía Láctea, se encuentra a una distancia de 30.000 años-luz de su centro. El Sistema solar, al igual que el resto de los cuerpos que componen la Galaxia, gira alrededor del núcleo central de ésta, describiendo una revolución completa cada 250 millones de años aproximadamente. En la revolución anterior a la actual, la Tierra se encontraba en el período Pérmico (era Paleozoica).

Composición de la Galaxia La Vía Láctea no es una mera agrupación de miles de millones de estrellas esparcidas sobre una determinada zona del espacio; las

modernas técnicas de observación han permitido comprobar que los enormes espacios interestelares, aparentemente vacíos, están ocupados por un sustrato muy tenue, casi imperceptible, de materia interestelar. Este medio interestelar, conocido también como espacio extraatmosférico, está constituido por gas y por partículas de polvo: sus componentes fundamentales son el hidrógeno neutro, en una proporción aproximada del 90 por ciento, y el helio, que constituye casi el 10 por ciento restante. En porcentajes mucho más pequeños se ha detectado la presencia de elementos más pesados, como carbono, nitrógeno, oxígeno, magnesio y neón.

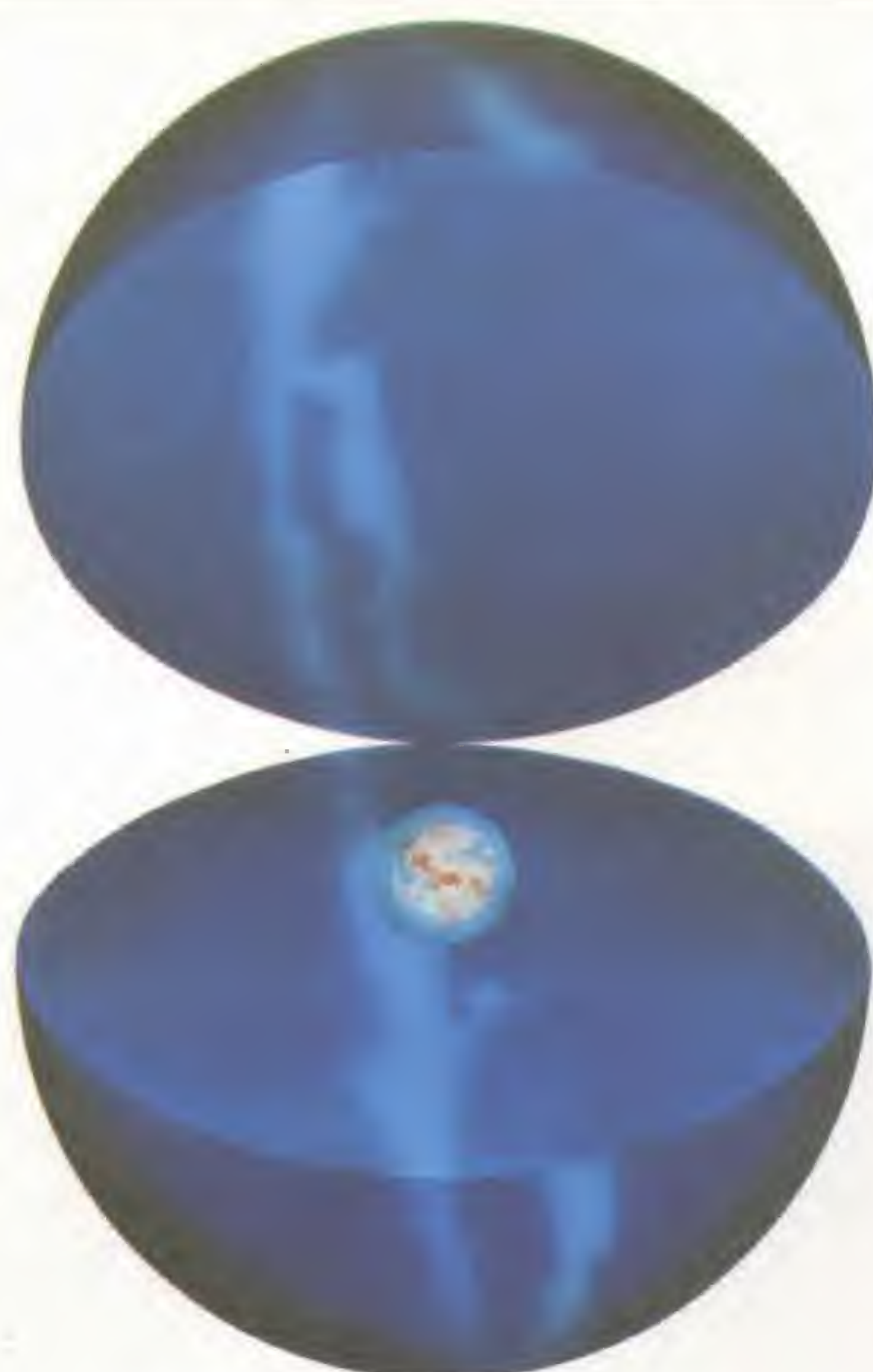
Bajo estas líneas puede observarse una imagen del conjunto de nuestro firmamento nocturno; es resultado de un montaje fotográfico realizado en el observatorio sueco

de Lund. En el centro resalta la banda luminosa de la Vía Láctea. Las manchas oscuras que interfieren su fondo luminoso están constituidas por enormes aglomeraciones de partículas de polvo y gas muy rarificado; su espesor es tan grande que impide el paso de la luz procedente de las estrellas que se encuentran detrás.



Para realizar una carta estelar de la Vía Láctea se imagina un corte ideal de la esfera celeste a lo largo de un círculo máximo, que la divide en dos casquetes semiesféricos. Realmente no es

posible trazar los límites de la Vía Láctea ya que su luminosidad se difumina gradualmente a medida que nos alejamos de su plano principal, donde la concentración de estrellas es mayor.



La densidad del medio interestelar es extremadamente pequeña, pero su presencia ha permitido desterrar la antigua creencia de que el espacio extraatmosférico estaba totalmente vacío. El origen de este sustrato "invisible" de polvo y gas parece situarse en los albores de nuestro Universo, es decir, coincidiendo con la gran explosión o *big bang* que, según la teoría más aceptada, dio origen a su formación hace unos 20.000 millones de años.

Mezcladas con el gas, se ha detectado la presencia de partículas de polvo interestelar, piedrecillas y cristales de hielo que se unen libremente dando lugar a la formación de nubes condensadas. La cantidad de elementos pesados existentes en el espacio extraatmosférico aumenta lentamente, pero de forma continua; estos elementos proceden de los núcleos de las estrellas, formados, fundamentalmente, por hidrógeno y helio, y son resultado de las

diferentes reacciones de fusión termonuclear que acompañan el proceso de envejecimiento de aquéllas. En ciertas estrellas, la última etapa de su evolución coincide con una gran explosión de su núcleo, lo que las convierte en supernovas. Como consecuencia de esta explosión, grandes cantidades de materia estelar, muy rica en materiales pesados, son expulsadas hacia el espacio exterior, donde se dispersan entre el medio interestelar.

A medida que nuevas estrellas nacen, evolucionan y, finalmente, mueren, la proporción de elementos pesados en el medio interestelar se hace mayor.

Estrellas de Población I y de Población II Los conocimientos acerca de la composición física de ciertas estrellas están íntimamente ligados a las presuntas hipótesis existentes sobre su edad y, en general, sobre la de toda la Galaxia.

Las estrellas más jóvenes, o de Población I, como nuestro Sol, poseen una abundancia considerable de elementos pesados, lo que hace suponer que son una generación de estrellas de formación más tardía; la presencia de estos elementos pesados parece indicar que se formaron a partir de condensaciones de hidrógeno con un elevado contenido de metales procedentes del interior de estrellas mucho más viejas; se supone que estas últimas fueron estrellas de gran masa y en un estado muy avanzado de su evolución, es decir, estrellas que habían agotado todo su combustible de hidrógeno tras convertirlo en elementos más pesados mediante las reacciones de fusión termonuclear. Alcanzado este estado, dichas estrellas se convirtieron en supernovas, es decir, estallaron impregnando el espacio de los materiales pesados que hoy se observan en las estrellas jóvenes. Estas estrellas se encuentran principalmente distribuidas a lo largo de los brazos espirales de la Vía Láctea.

Las estrellas más viejas, o de Población II, se formaron a partir de nubes primordiales de hidrógeno, siendo éste y el helio los elementos dominantes en su composición. Son mucho menos abundantes que las de Población I, ya que la mayor parte de ellas ya ha explotado o alcanzado su estado final de evolución termonuclear. Se distribuyen, preferentemente, a lo largo de las zonas periféricas de los brazos espirales y en la zona conocida como halo galáctico.

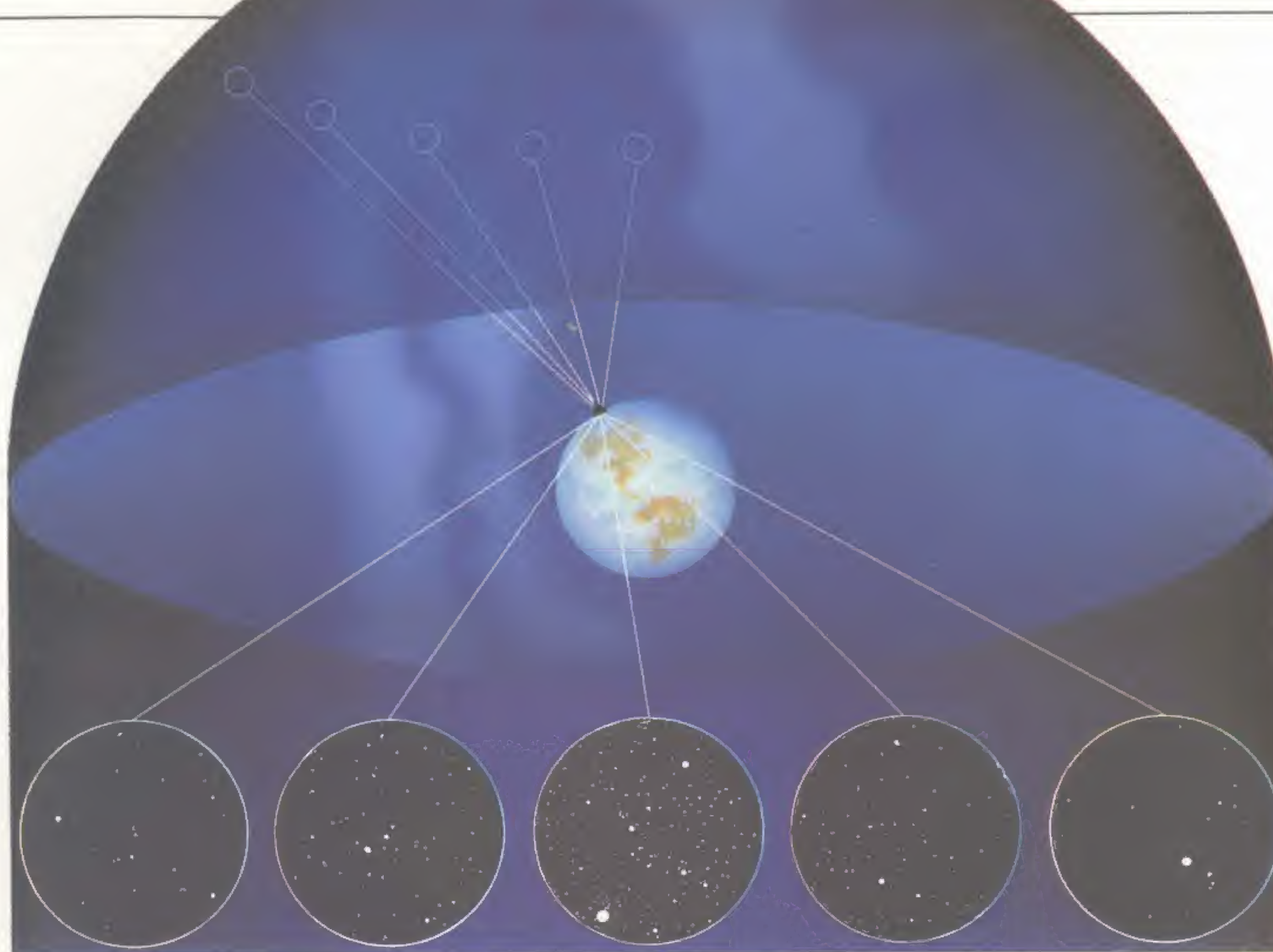
Un halo galáctico de cúmulos globulares Los cúmulos son simples reagrupaciones estelares que pueden observarse en gran número y que están distribuidas a lo largo de toda la Galaxia. Pueden contener desde 5 ó 6 estrellas hasta un millón de ellas. Por lo general, se supone que todas las estrellas que componen un cúmulo, independientemente del tamaño de éste, deben tener una misma edad, es decir, deben haberse formado en la misma época. En consecuencia, el estudio de las diversas estrellas que constituyen un cúmulo representa un importante punto de referencia en la investigación sobre la evolución estelar y galáctica.

Los cúmulos globulares, caracterizados por su gran tamaño y su estructura compacta casi esférica, ocupan un importante lugar en el estudio de la Vía Láctea, ya que proporcionan informaciones de gran valor sobre su evolución.

Al lado, estrellas de la Vía Láctea. Puede observarse un sector especialmente poblado de estrellas. Sin embargo, a simple vista resulta difícil distinguir la gigantesca cantidad de astros que la componen, ya que presentan el aspecto de un gran y único cúmulo. Mediante

instrumentos de observación potentes, las estrellas se hacen distinguibles y el número de estrellas visibles aumenta a medida que aumenta la potencia del instrumento. Las profundidades de la Galaxia siguen siendo un enorme misterio para el ser humano.





A la izquierda se esquematizan las distintas fases de un método para calcular la concentración estelar; el observador debe situarse, de noche, en una posición desde la cual sea posible observar la totalidad de la bóveda celeste y orientar el telescopio de forma que su campo de visión pueda discurrir a lo largo de una línea horizontal que cruce la Vía Láctea. A continuación, se enfocan distintos puntos situados a ambos lados de ésta. En cada una de estas posiciones, el observador debe seguir durante un tiempo el movimiento aparente de la esfera celeste (resultado de la rotación terrestre) de forma que el campo de observación permanezca invariable y sea posible hacer un recuento visual de todas las estrellas que en él aparecen. Lo más práctico consiste en realizar una fotografía del campo de observación en cada una de las posiciones y, posteriormente, compararlas.

La mayor parte de estos cúmulos, de los que se han observado bastantes centenares, está situada por encima y por debajo del plano galáctico, a lo largo de una región esférica conocida como *halo galáctico*. Se supone que en un determinado momento de su evolución, toda la materia de la Vía Láctea estuvo dispersa en el espacio encerrado por esta superficie esférica; por efecto de las fuerzas gravitacionales y de la propia rotación galáctica, gran parte de esta materia fue progresivamente reagrupándose y configurando la galaxia tal y como hoy la conocemos.

De haber sido así, es muy probable que ciertas formaciones, demasiado compactas, se hubiesen resistido a este lento proceso de reestructuración galáctica y hubiesen permanecido en sus posiciones iniciales; con el tiempo, estas concentraciones estelares habrían evolucionado aisladamente con respecto a la gran masa galáctica, dando lugar a los cúmulos que hoy se observan en la periferia de ésta. De hecho, los astrónomos han demostrado que las estrellas que componen estos cúmulos son mucho más viejas que el resto de las estrellas observables; algunas, probablemente, son tan viejas como la misma galaxia; es decir, su origen se remonta a unos 15.000 millones de años.

Mapa galáctico Gran parte de nuestros conocimientos acerca de la Vía Láctea es resultado de la minuciosa labor de observación visual en la que, durante siglos, se afanaron los astrónomos y hombres de ciencia. Afortunadamente, las posiciones y los movimientos estelares se ri-

gen por leyes físicas de gran sencillez y rigurosidad, las mismas que, en el siglo XVIII, formuló Newton para describir la acción de la gravedad. Evidentemente, nuestros medios actuales de observación son mucho más perfectos y sofisticados, y permiten penetrar en regiones de la galaxia situadas a miles de millones de kilómetros de nuestro planeta.

Uno de los más modernos sistemas usados para explorar la Galaxia se basa en el estudio de las ondas de radio procedentes de su interior; los datos obtenidos a través de los grandes radiotelescopios, complementados con los que proporciona la observación visual, han permitido trazar una imagen bastante exacta de la estructura y de los confines de nuestra Galaxia.

Radioobservaciones Si las radioondas fuesen capaces de sensibilizar nuestros órganos de la vista, probablemente todo nuestro firmamento aparecería intensamente iluminado, ya que se ha descubierto que las moléculas de hidrógeno neutro, que es el componente fundamental de nuestro Universo, emiten una determinada radiación electromagnética cuya longitud de onda es de 21 cm. Disponiendo de telescopios especiales, sensibles a este tipo de radiación, y orientándolos hacia regiones específicas del firmamento, es posible hacerse una idea de lo que hay en éstas, midiendo simplemente la intensidad de las radioondas recibidas y sus variaciones.

Las lecturas realizadas sobre la línea de 21 cm del espectro han proporcionado más información sobre la organización del

sistema galáctico que cualquier otro método de observación astronómica.

Contrariamente a lo que cabría suponer, el centro de la Vía Láctea, que es una región extremadamente rica en hidrógeno, resulta prácticamente invisible al rastreo de las radioondas de 21 cm. Esta peculiar radiación es emitida exclusivamente por moléculas neutras y aisladas de hidrógeno. Sin embargo, las condiciones de elevada presión imperantes en el núcleo galáctico hacen que dichas moléculas se reagrupen, formando nubes moleculares más densas. En este estado, las moléculas de hidrógeno dejan de ser libres y quedan sujetas a diversas condiciones de ligadura que anulan su capacidad de emisión de radioondas de 21 cm. Los radioastrónomos tienen así que recurrir a la captación de otras radiaciones en diferentes bandas de frecuencia; este es el caso de la radiación emitida por el óxido de carbono, un gas más pesado y que normalmente aparece combinado con el hidrógeno en el medio interestelar. En cualquier caso, los conocimientos que se tienen sobre el enigmático centro de la Vía Láctea siguen siendo aún muy limitados. Se espera que mejoren con la evolución y el perfeccionamiento de las actuales técnicas de observación, aunque son todavía muchos los obstáculos que en el futuro, próximo y lejano, habrá que salvar.

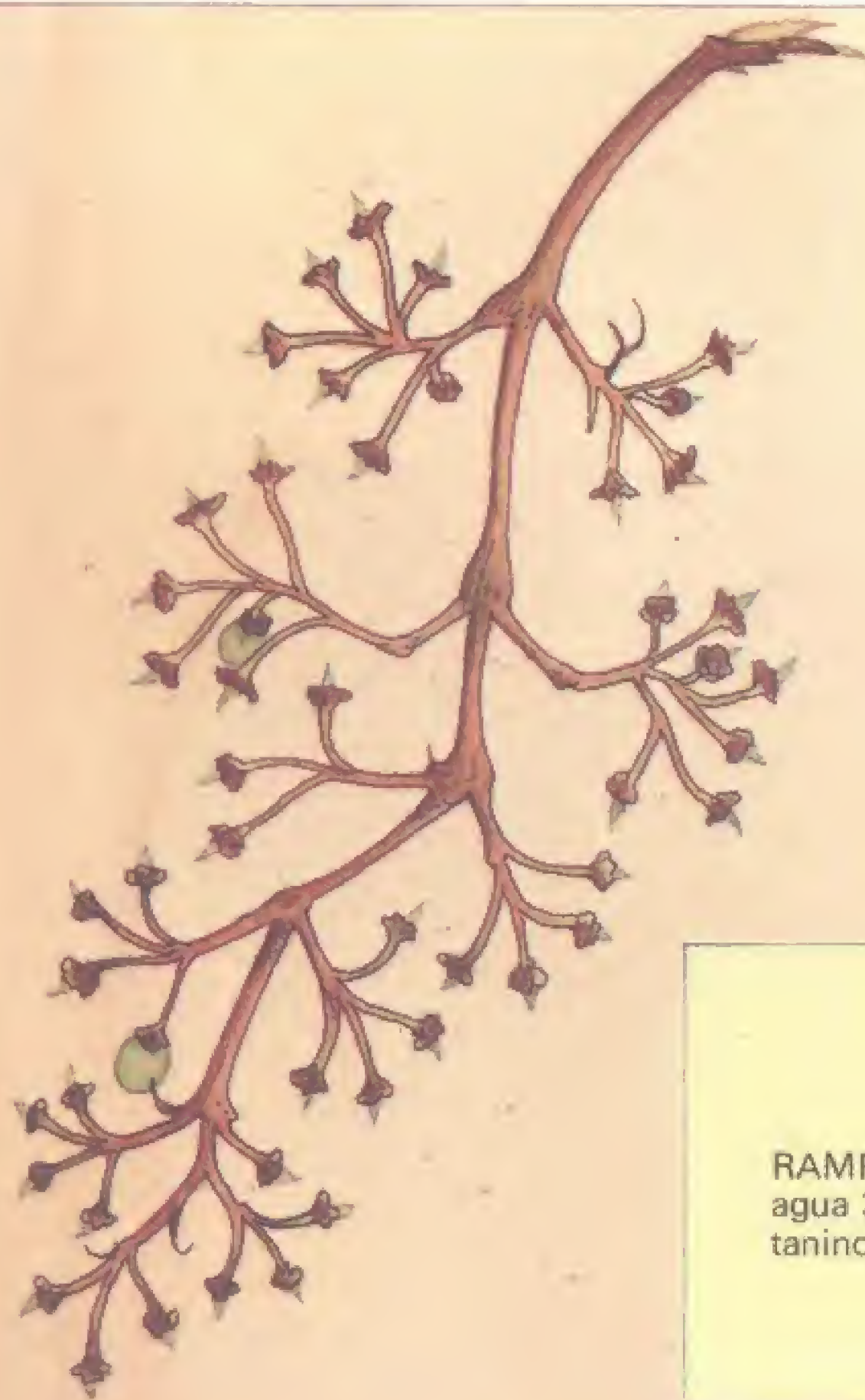
Véase **Astronomía; Cúmulos estelares; Estrella; Galaxia; Radioastronomía; Sistema solar; Telescopio; Universo**

Vid

Aunque se carece de datos precisos, según algunas estimaciones, la producción mundial de uva supera a la de cualquier otro fruto, lo que no es de extrañar, si tenemos en cuenta que la principal aplicación de la uva es la fabricación de una de las bebidas más apreciadas: el vino. El cultivo de la vid (viticultura) y su aplicación en la producción de vino se remontan a épocas remotas.

Historia de la viticultura Se considera que fueron los fenicios, en torno al año 600 a. de C., quienes introdujeron la vid en Europa. La viticultura tuvo una rápida difusión en el área mediterránea, hasta el punto de que en el año 81 d. de C. el emperador romano Domiciano impuso una serie de restricciones al cultivo de la vid en Italia, temiendo que, a consecuencia de su expansión, se llegara a producir una escasez de trigo. Los romanos llevaron la vid a las tierras que conquistaron, y, así, mientras fracasaba en Bretaña, la viticultura tuvo gran éxito en amplias zonas de Francia, España, Portugal y la cuenca del Rin.

En el siglo XVII se trató de aclimatar la vid europea en América, pero el éxito fue bastante limitado. En el siglo XIX se descubrió que este fracaso se debía a las plagas del insecto hemíptero *Phylloxera vastatrix*, y empezaron a cultivarse cepas nativas cuyas raíces eran inmunes a dicha plaga. Sin embargo, la filoxera llegó a Francia de forma accidental, extendiéndose también por España y desencadenando el desastre de la industria vitivinícola. Muchos viñedos quedaron arrasados, y otros seriamente dañados. Esta situación hizo que se desarrollara la técnica del injerto de cepas europeas en pies de cepas americanas resistentes a la enfermedad.

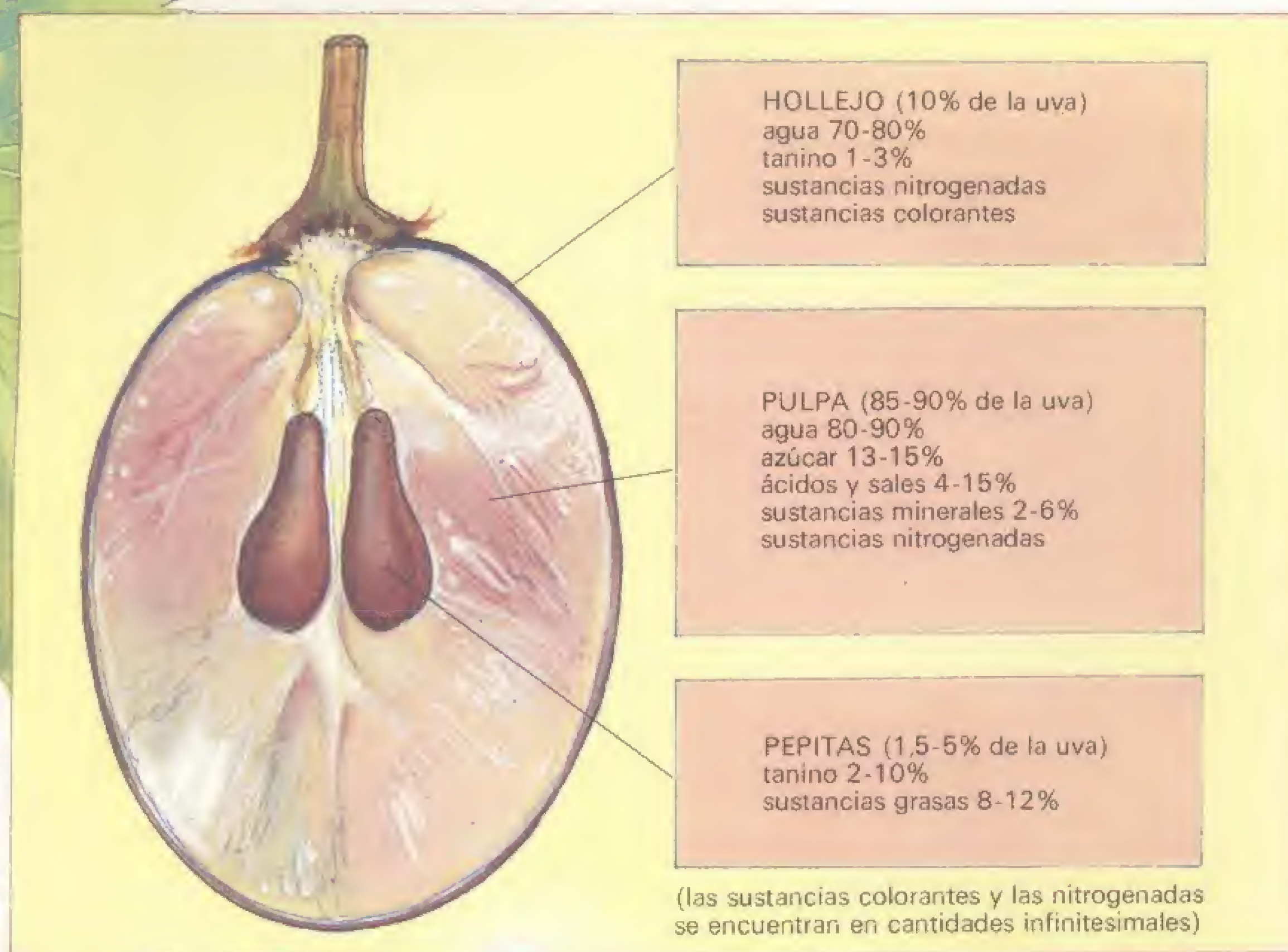


RAMPOJO:
agua 35-75%
tanino 1-4%

Cada racimo de uva está formado por un eje central, llamado rampojo o raspajo (a la izquierda), que sostiene muchos frutos pequeños o uvas (que, botánicamente, se llaman bayas); en la página siguiente, arriba, sección de una uva, y las distintas partes que la componen. Destaca la cantidad de aceite que tienen las semillas (pepitas o granos); este último se extrae y comercializa en estado puro o mezclado con otros aceites, con fines alimentarios.

En la actualidad se sigue empleando este sistema, ya que es el método más eficaz para proteger la vid de la temible filoxera.

Producción de uva Las vides cultivadas comprenden unas cuarenta especies, diversificadas en miles de variedades. Alrededor del 90% procede de la especie *Vitis vinifera*, de la que existen numerosas variedades y razas; el otro 10% proviene de híbridos y variedades de *Vitis labrusca* (parra americana). El éxito en el cultivo de la vid comienza con la selección de una variedad apropiada. Dicha selección depende de ciertos parámetros de importancia crucial, como la naturaleza del suelo, la exposición a la luz solar, la humedad



y las precipitaciones medias de la zona, el viento, las oscilaciones de la temperatura, la disponibilidad de métodos de control contra las plagas y epidemias, etcétera.

La vid puede dejarse crecer como parra, pero, por lo general, se poda en forma de cepa baja, con los sarmientos inclinados hacia el suelo. Las cepas se plantan en hileras, que guardan entre sí unas distancias apropiadas, de forma que la tierra se pueda aprovechar al máximo sin que las plantas estén demasiado juntas, pues en tal caso la producción y la calidad de las uvas se resentirían. Generalmente, se obtiene un rendimiento máximo cuando la distancia entre las cepas es de 2,4 a 2,7 m. Muchas variedades de vid de tronco alto (de 60 a 90 cm) necesitan, durante los primeros años, ser sostenidas con palos; al envejecer, los troncos se hacen más leñosos y las vides se sostienen por sí solas. Otras variedades se sujetan con armazones verticales de madera o metal.

La época de la vendimia varía según las condiciones ambientales y las características de cada variedad de uva. Para cor-

tar los racimos se emplean cuchillos especiales, o podaderas. El creciente aumento del coste de la mano de obra ha hecho que se ensayen distintos métodos de recolección mecánica. Se trata de máquinas que recolectan la uva sacudiendo las cepas y haciendo que se desprendan los frutos, o rompiendo la base del racimo. Una vez vendimiada, la uva se lleva a las bodegas para producir el vino, el mosto o

En los climas templados se suelen elegir para el cultivo de la vid las colinas bien soleadas (se pueden obtener discretos resultados con viñedos situados a alturas de hasta 800 m sobre el nivel del mar, si están soleados y resguardados de los vientos fríos). Los vinos más apreciados suelen proceder de cultivos en colinas; junto a estas líneas, dos aspectos de un viñedo piemontés de uva moscatel.



el orujo, o bien se destina a uvas pasas o de mesa, que se venden como fruta fresca.

Enfermedades de la vid Además de la filoxera, existen otros organismos que atacan las plantas de la vid, dando lugar a diversas enfermedades. El virus *Marmor viticola* es el responsable de la degeneración infecciosa que se manifiesta por deformaciones de las hojas y ramificaciones anómalas de los sarmientos. También son frecuentes las enfermedades producidas por los siguientes hongos: *Plasmopara viticola*, causante del mildiu, que ataca los órganos aéreos de la planta; *Uncinula necator*, responsable del oídio, que ataca las hojas, los sarmientos y los frutos, en los que aparecen unas manchas blanco-grisáceas; *Rosellinia necatrix* y *Armillaria mellea*, que ocasionan la podedumbre blanda de las raíces.

Una intervención específica y a tiempo puede ser muy eficaz a la hora de combatir estas plagas. No ocurre lo mismo con las inclemencias atmosféricas, cuyos efectos, a veces destructivos, pueden acabar con toda la uva de una cosecha.

Para obtener las mejores uvas y los mejores vinos tienen que armonizarse una serie de factores. Los años secos y cálidos son los mejores; además, la uva se tiene que recolectar en el momento adecuado. Deben coincidir tantas variables que no es de extrañar lo poco frecuentes que son los años buenos para la uva y, en consecuencia, para la producción de vino.

Véase **Vino, fabricación del**

Vida, origen de la

La biología ha profundizado muchísimo en la investigación acerca del origen de la vida, pero aún tropieza con un serio obstáculo, y es que en la actualidad no sólo no se dan las condiciones en las que debió formarse la vida (sobre la Tierra o, según ciertas hipótesis, fuera de ella), sino que también resulta prácticamente imposible reproducirlas artificialmente; además, tampoco se ha podido identificar el más leve indicio o huella de lo que debieron ser los primeros organismos vivos. Hoy resulta impensable que se pueda formar materia viva a partir de sustancias minerales, porque, por un lado, la evolución misma de la vida sobre la Tierra ha transformado profundamente su superficie y su atmósfera, y, por otro, los organismos evolucionados que pululan en nuestro planeta devorarían en un instante a cualquier osado "primitivo", admitiendo la remotísima posibilidad de que alguno de estos últimos se hubiera podido formar en alguna parte. El propio Darwin, que no se ocupó específicamente del problema del origen de la vida porque en su época la biología no estaba aún tan madura como para abordar una cuestión tan peliaguda, hizo, sin embargo, una atinada observación: "si pudiéramos concebir la posibilidad de la formación química de un compuesto proteínico en alguna cálida charca donde estuvieran presentes todo tipo de sales fosfóricas y amónicas y a donde llegara la luz, el calor, la electricidad, etc., de manera que dicho compuesto, una vez formado,



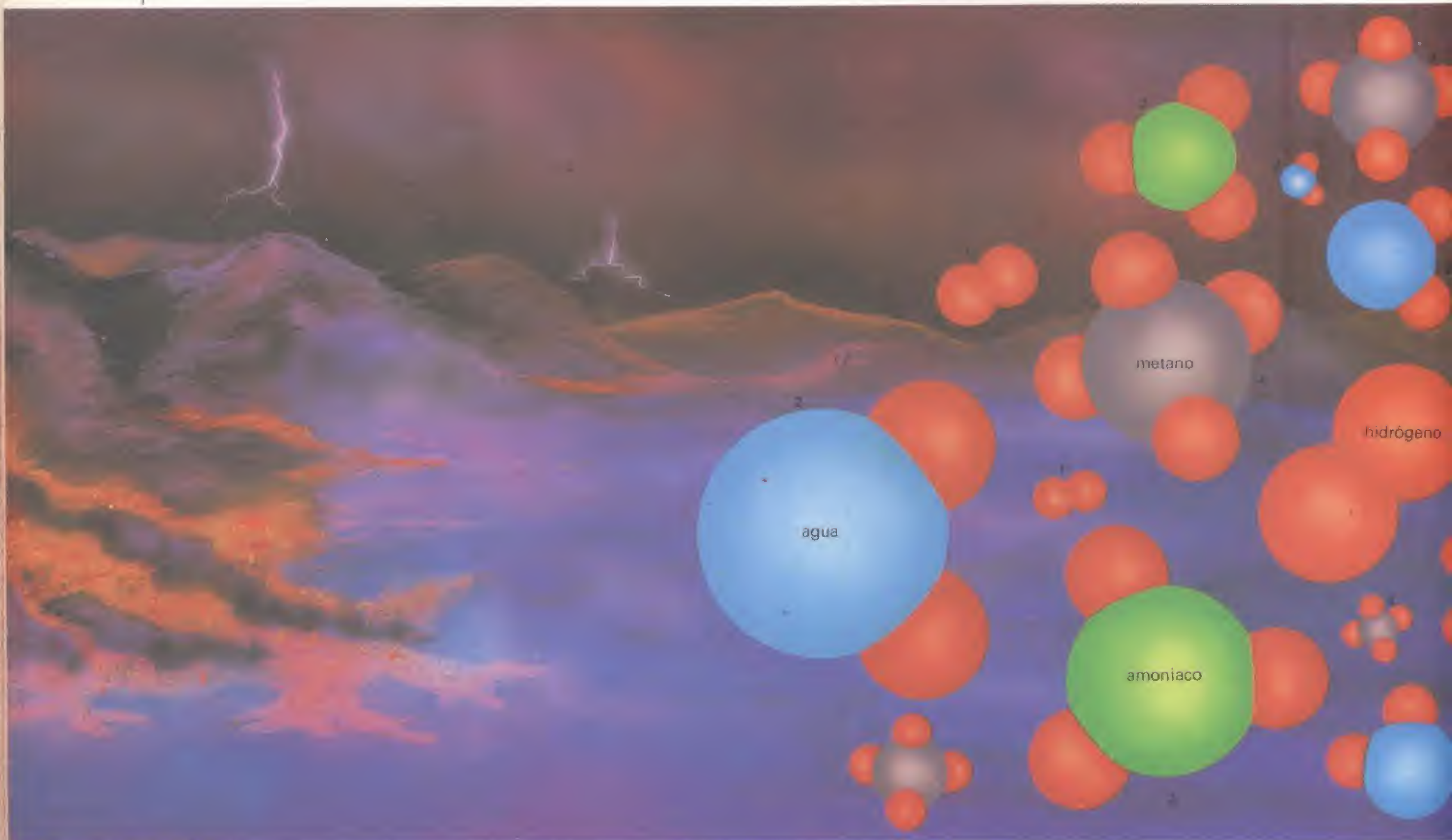
El problema del origen de la vida sobre la Tierra ha adquirido un significado nuevo y más profundo tras el descubrimiento de moléculas orgánicas en el espacio interestelar. Es algo que nos hace pensar en la existencia de vida también fuera de nuestro planeta. Abajo, una tabla en la que se indican las moléculas descubiertas en los cometas. A la izquierda, el cometa Kohoutek, fotografiado con luz ultravioleta desde el Skylab.

pudiera irse transformando y volverse más complejo, en las actuales condiciones ese material sería devorado o absorbido al instante, a diferencia de lo que hubiera ocurrido antes de la formación de los primeros seres vivos".

El reino de las hipótesis Así pues, los esfuerzos científicos por descubrir el origen de la vida son puramente teóricos. Se

MOLECULAS COMETARIAS

cabellera	CH, OH, C ₂ , C ₃ , CH, NH, NH ₂ (espectro visible) H ₂ O (Bradfield, 1974) (espectro de radio) CH ₃ CN, HCN (Kohoutek, 1973) (espectro de radio)
cola	CO+, CO ₂ +, N ₂ +, CH+, OH+ (espectro visible) H ₂ O+ (Kohoutek, 1973) (espectro visible)
hipotéticas moléculas progenitoras	H ₂ O, CH ₄ , NH ₃ , H ₂ CO, CH ₃ CN
Estas moléculas son de dos tipos: las hay que proceden de la evaporación del núcleo, mientras que otras proceden de la cabellera, ionizada por el viento solar.	





puede seguir la pista de la historia de la vida hasta hace unos 3.000 millones de años, que es la edad de los estromatolitos fósiles más antiguos. Los estromatolitos son unas formaciones biológicas que también se encuentran en la actualidad, aunque en condiciones muy diferentes, pues se deben a la actividad de unas células relativamente evolucionadas en comparación con lo que se supone que fueron los primeros organismos. De la historia anterior de la vida no se conserva el menor vestigio. La edad estimada de la Tierra, según estudios basados en los isótopos radiactivos, es de unos 4.600 millones de años, de modo que la aparición de la vida tuvo que ser bastante precoz. Desde ese momento hasta la época en que los orga-

nismos dejan los primeros registros fósiles o de otro tipo (como los registros minerales que reflejan la presencia de oxígeno en la atmósfera, atribuida a la actividad vital), hay una etapa sobre la que sólo se pueden hacer suposiciones: se han realizado algunas aproximaciones experimentales muy interesantes, destinadas a demostrar cuáles podrían haber sido las condiciones en las que se desarrollaron los primeros organismos.

El caldo oceánico Si consideramos que la atmósfera primitiva era reductora, es decir, que carecía de oxígeno libre, se hubieran dado dos presupuestos muy importantes para el surgimiento de la vida: por un lado, faltaría la capa de ozono, que

filtra gran parte de las radiaciones ultravioletas procedentes del Sol, de modo que esta energía habría podido llegar hasta la superficie y propiciar la formación de gran cantidad de moléculas orgánicas; por otro lado, estas moléculas no serían atacadas por el oxígeno, inexistente, y se diluirían en el océano formando una especie de caldo caliente o caldo primordial. Fueron el bioquímico inglés Haldane y el soviético Oparin quienes, en los años veinte, aventuraron esta hipótesis, sin que entonces se les hiciera demasiado caso. Después, se siguió investigando en esta línea, y la teoría del caldo oceánico fue cobrando cada vez mayor solidez.

El crisol de la vida Los experimentos que en los años cincuenta iniciaron Miller y Urey, inspirados en la hipótesis que acabamos de mencionar, dieron resultados realmente sensacionales y rompieron muchos esquemas tradicionales acerca de la naturaleza de la materia viviente. Estos dos investigadores idearon un aparato en el que se simulaban las condiciones de la atmósfera primitiva: en él introdujeron compuestos que se suponía estaban presentes en dicha atmósfera (metano, hidrógeno, amoníaco y agua), y los sometieron a fuertes descargas eléctricas, un tipo de energía que debía abundar en las condiciones ambientales primigenias. Los compuestos que se formaban se iban depositando en la parte inferior del aparato, de donde se podían extraer muestras para

En la página anterior, abajo, moléculas de hidrógeno, agua, amoníaco y metano. En los comienzos de la historia de la Tierra, estas moléculas estaban presentes en la atmósfera, en cantidades mucho mayores que en la actualidad. Se formaron por condensación de los átomos de la nube primordial, tras un descenso de la temperatura. Al faltar el oxígeno y, por tanto, la actual barrera protectora de ozono, la

acción de los rayos ultravioletas y de otras grandes fuerzas energéticas provocó la combinación entre las primeras moléculas inorgánicas, dando lugar a los primeros compuestos orgánicos. Junto a estas líneas, el aparato con el que Ponnampetura ha reproducido, experimentalmente, las condiciones que pudieron existir en la atmósfera de la Tierra primitiva, así como las posibilidades de síntesis de sustancias vivientes.

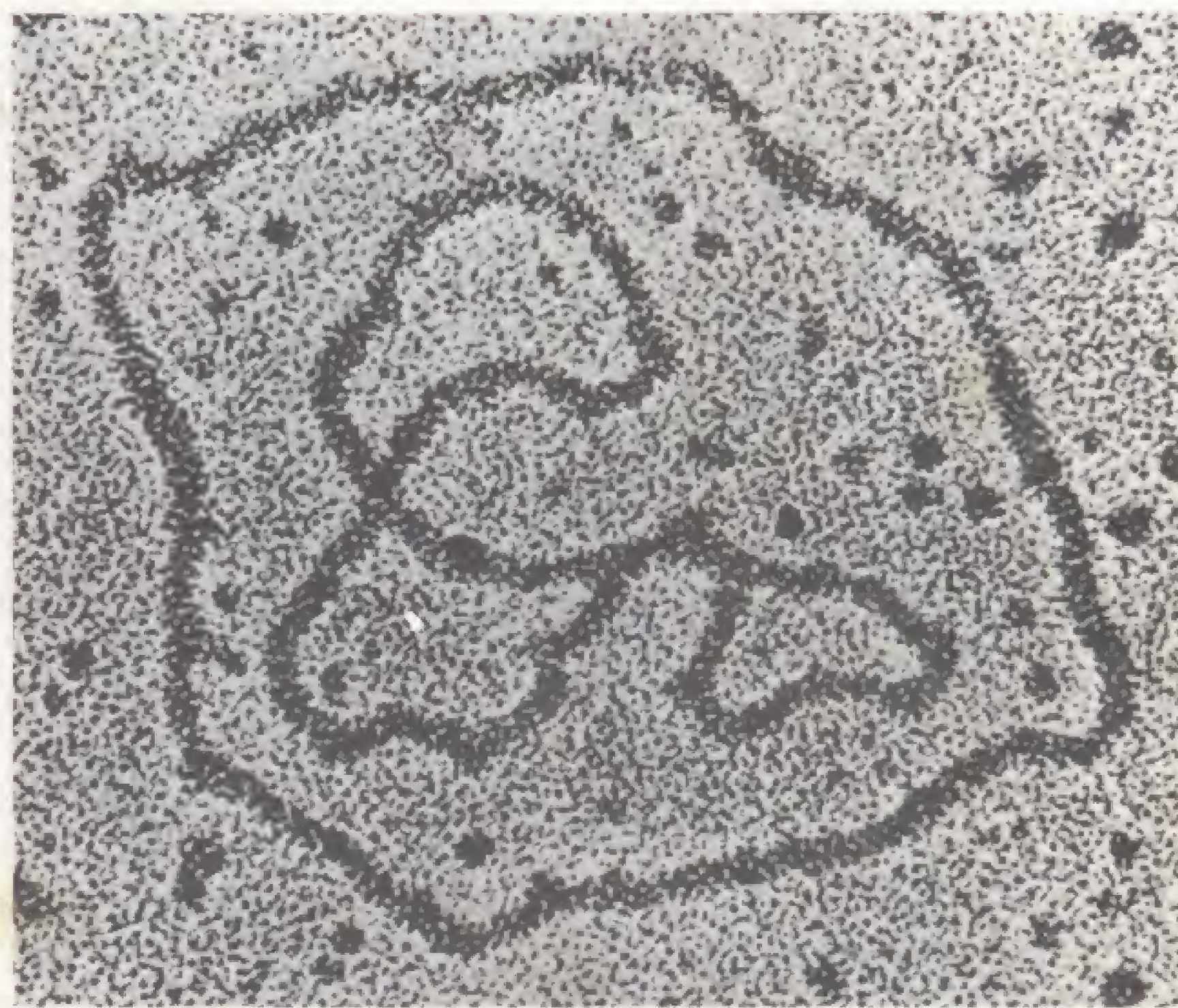
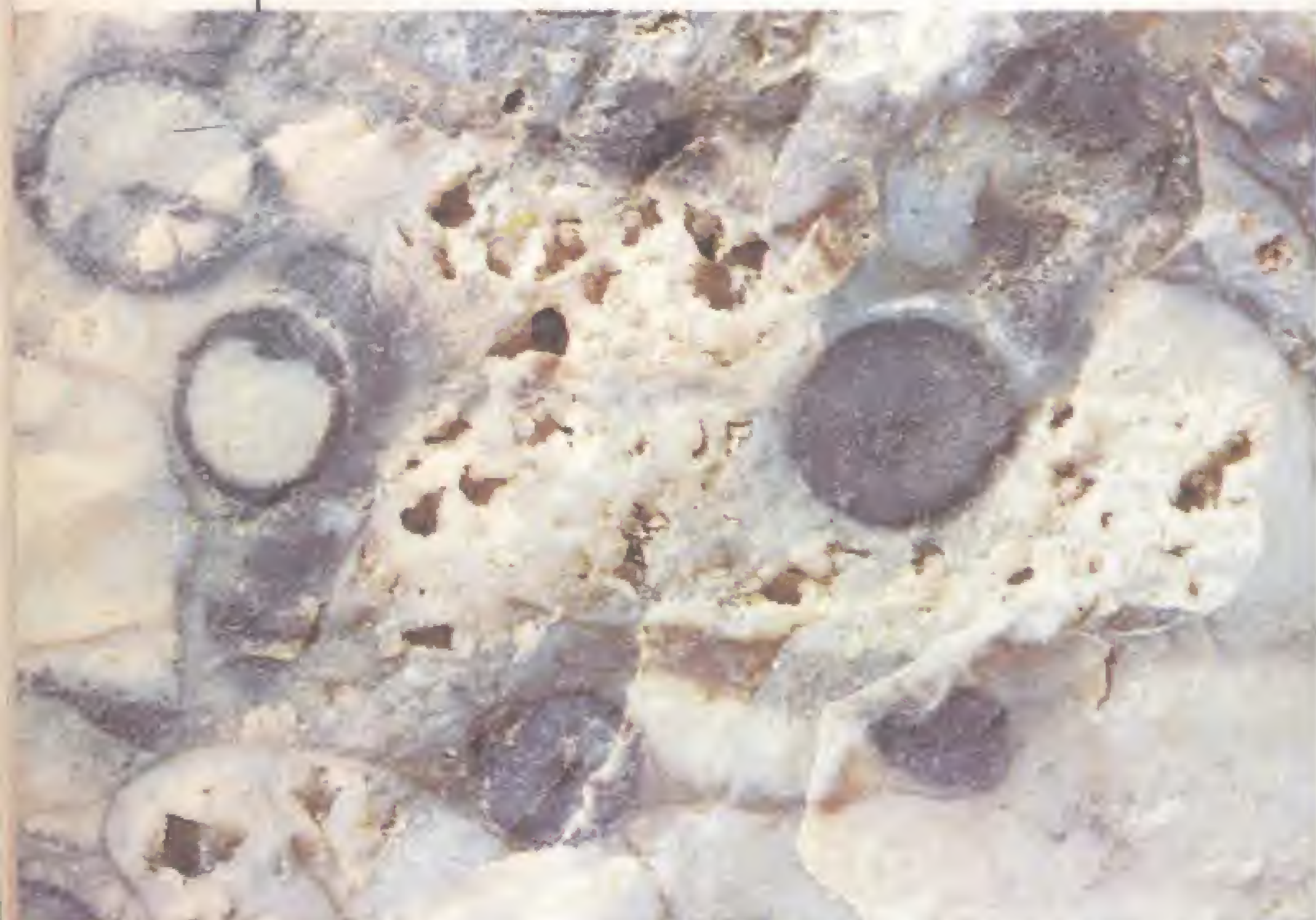
FUENTES DE ENERGÍA		cal/cm ² /año
radiaciones solares		260.000
luz ultravioleta	$\lambda < 2.500 \text{ \AA}$	570
	$\lambda < 2.000 \text{ \AA}$	85
	$\lambda < 1.500 \text{ \AA}$	3,5
descargas eléctricas		4
rayos cósmicos		0,0015
radiactividad		2,8
calor de los volcanes		0,13
impacto meteorítico		0,1
La intensidad (en calor por centímetro cuadrado al año) de las fuentes de energía (λ es la longitud de onda), al actuar sobre las moléculas primitivas, catalizó sus interacciones desencadenando las reacciones que hicieron posible la formación de las moléculas de la vida.		

analizarlas. Así se descubrió que se formaban aldehídos, ácidos orgánicos y aminoácidos, de importancia crucial en la síntesis de la materia viviente. El experimento era relativamente sencillo, y se repitió con distintas variantes (incluyendo monóxido de carbono, dióxido de carbono, etc., y siempre en ausencia de oxígeno gaseoso) y sacando muestras a tiempos variables. Quedó demostrado que no había ninguna dificultad especial para que en una atmósfera reductora se formasen gran cantidad de compuestos básicos precursores de la materia viva. El aporte de energía natural (radiaciones ultravioletas, chispas eléctricas, radiactividad, etc.) y los catalizadores naturales debieron bastar para ello. En el estudio de la evolución de la vida, hoy en día, se considera mucho más problemática la explicación del paso de los primeros organismos a las células eucariotas y a los organismos pluricelulares, que el paso de la materia inorgánica a la materia viviente.



Arriba y a la derecha, elementos del ADN, molécula presente en el núcleo de todas las células vivas y donde se encuentra toda la información hereditaria. Los nucleótidos son como los "ladrillos" de la doble hélice; las

esferas representan el ácido fosfórico, la varilla vertical, la desoxirribosa, y las varillas de colores, las bases nitrogenadas. Abajo, a la derecha, ADN al microscopio electrónico; a la izquierda, vegetales terrestres primitivos.



Extravagancias vitales El éxito de la síntesis en laboratorio de aminoácidos y otros compuestos básicos, llamados monómeros, ha dejado sin aclarar algunas dudas importantes que ilustran la naturaleza peculiar de la materia viviente: por un lado, los aminoácidos formados en el matraz de Miller y Urey son casi todos los que se encuentran en las proteínas de los seres vivos, pero también aparecen otros que no están presentes en las proteínas. Las razones por las que el código genético está formado por los veinte aminoácidos que conocemos, y no otros, son desconocidas y han dado lugar a hipótesis muy sugestivas. Por ejemplo, se ve reforzada la idea de que la vida tuvo origen extraterrestre, ya que a nuestro planeta pudieron llegar esporas con ese determinado código genético, de entre la gran variedad de códigos teóricamente posibles. Pero también pudo haber sucedido que se produjese una especie de selección

natural entre varias estirpes, de la que hubiera salido triunfante la que poseía el código genético de los veinte aminoácidos, que hoy es común a todos los organismos.

Otra de las peculiaridades de la materia viviente es que, salvo en algunos casos muy especiales, todos los aminoácidos son L-aminoácidos, es decir, isómeros que desvían a la izquierda la luz polarizada. Sin embargo, en los experimentos de Miller y Urey se formaron por igual isómeros D y L. También en este caso hay hipótesis divergentes, aunque todas ellas coinciden en que las condiciones en que se formó la vida debieron ser muy peculiares y la evolución prebiológica rica en acontecimientos.

De los ladrillos al edificio: polimerización El primer paso de la evolución, representado por la formación de los monómeros, es el que mejor se ha estudiado en el laboratorio. Para explicar el siguiente

paso, consistente en la formación de las proteínas, los ácidos nucleicos y las moléculas orgánicas con enlaces ricos en energía (polimerización), los trabajos de los investigadores ya no son tan firmes. Y ello se debe, no a ningún impedimento teórico insalvable, sino a lo difícil que resulta seguir la pista de unas síntesis tan complejas que se produjeron en unas condiciones muy distintas de las actuales. Las reacciones bioquímicas de este tipo hoy conocidas cuentan con la ayuda de los enzimas, productos sofisticados de la evolución biológica, que favorecen y aceleran de forma extraordinaria los procesos bioquímicos. Así pues, aunque no esté todo dicho acerca de cómo se pudieran formar los primeros polímeros, tampoco hoy se considera que este paso haya sido imposible en las condiciones de la Tierra primitiva. Lo que sí han sugerido estas dificultades son ingeniosas hipótesis que sitúan la polimerización no en un caldo pri-

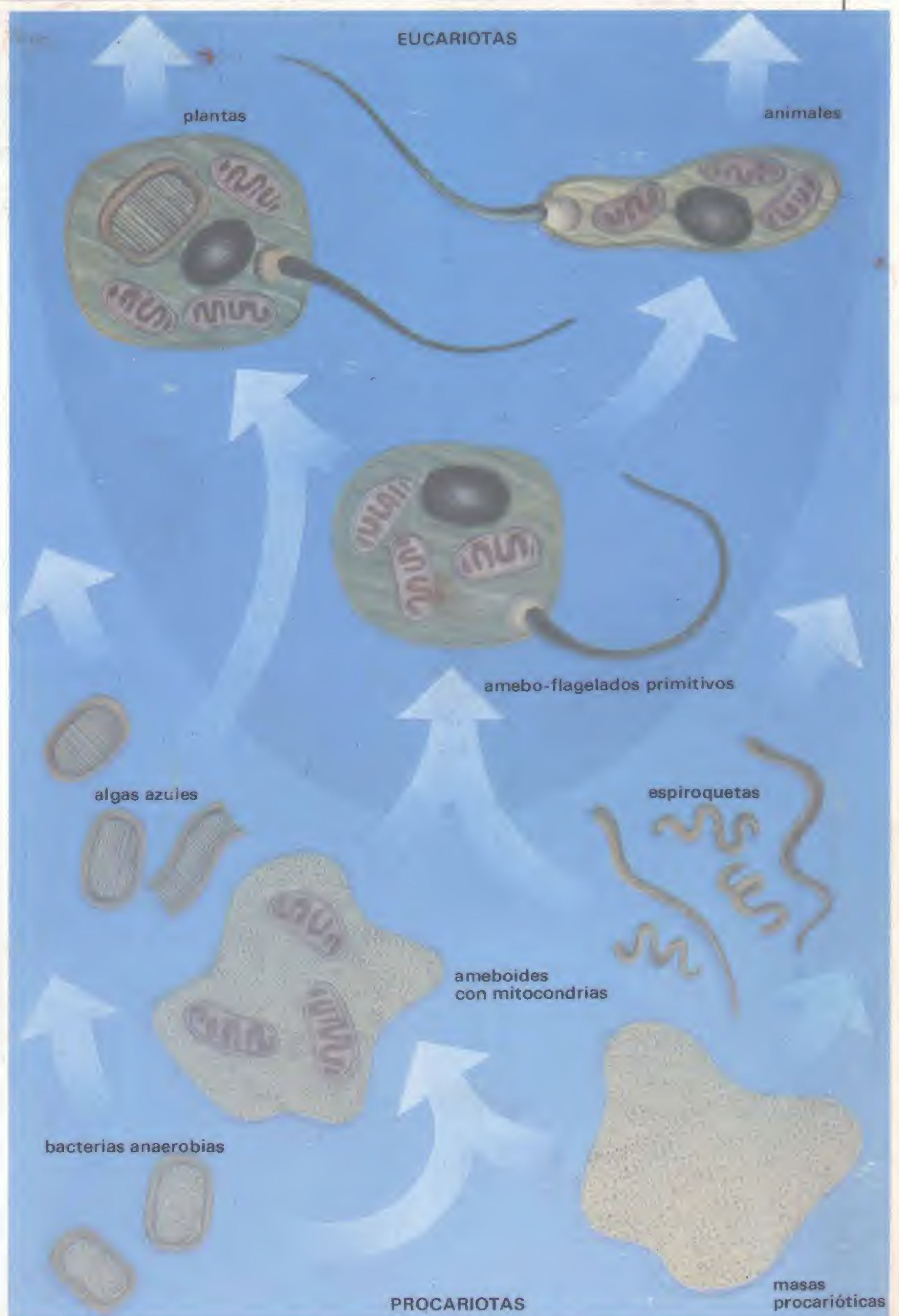
mordial oceánico, sino en lugares muy determinados donde la concentración, la temperatura u otras causas favorecerían el proceso, que requiere un aporte de energía y la eliminación de agua (una molécula por cada dos monómeros que se unen). Los experimentos de Fox, por ejemplo, han demostrado que si se mezclan aminoácidos en seco, basta una temperatura no muy alta para que se formen polímeros de más de 20 aminoácidos. Fox supone que los aminoácidos, disueltos en el agua de mar, pudieron depositarse en superficies calientes (volcánicas). El agua se evaporaría, y los compuestos, una vez polimerizados, podrían haber sido arrastrados de nuevo al océano.

Por otro lado, se ha demostrado que ciertas arcillas, por su especial estructura, son eficaces catalizadores inorgánicos en los cuales pudo tener lugar la polimerización; estas arcillas se podían encontrar en los estuarios y en las plataformas continentales. Existe otra teoría que nos aleja bastante de la idea del caldo caliente: una solución se puede concentrar por congelación, pues se forman cristales de hielo, lo que también favorece la polimerización.

¿El huevo o la gallina? Tal como se desarrollaron las investigaciones acerca

Los primeros organismos vivos que aparecieron sobre la Tierra, además de las algas verdeazules, fueron las bacterias anaerobias, semejantes a las que hoy viven en las aguas termales cuya temperatura alcanza 100 °C. Estas formas vivas, microscópicas y muy eficaces, tienen una estructura bien simple, que no se parece a la de ninguno de los seres vivos más complejos, aunque sean monocelulares. Se llaman procariotas, es decir, "antes del

núcleo". Bajo estas líneas, el microfósil *Petrarcha vivascenticula*, un alga filamentososa pluricelular a la que se atribuye una edad de 2,2 - 2,3 miles de millones de años. Según Lynn Margulis, el origen de la célula eucariótica, es decir, provista de núcleo con membrana y orgánulos, está en el englobamiento de unos microorganismos por otros, quedando los primeros con una tarea específica en el interior de la nueva célula.



del origen de la vida, y de acuerdo con los conocimientos que se tenían de la genética, surgieron en seguida dos enfoques, que arrancan de Oparin y Haldane, respectivamente. Haldane centra la cuestión en el origen del primer ácido nucleico capaz de reproducirse a sí mismo (ADN), pues si no hay reproducción la vida no puede perdurar. La cuestión se ha simplificado a veces demasiado, reduciendo el origen de la vida al de la primera molécula de ADN, formada por azar. Así, una vez formada, todo estaría resuelto, porque el código genético del ADN

contiene toda la información necesaria para la síntesis de las proteínas.

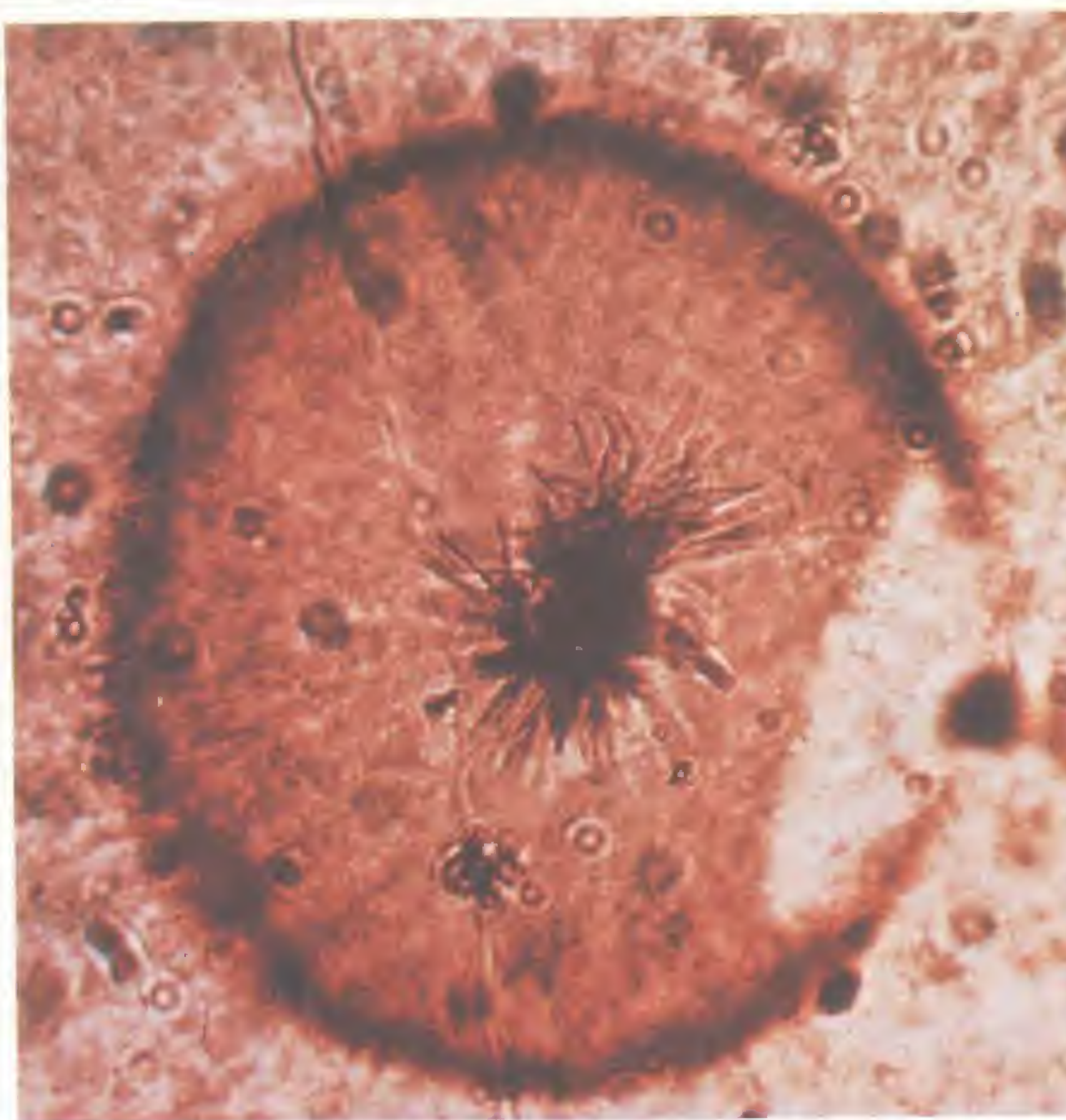
Por su parte, Oparin se basa sobre todo en la otra característica fundamental de la vida, el metabolismo. Para que un organismo sobreviva es necesario que exista una superficie de separación entre él y el medio circundante, que constituye, además, una superficie de intercambio. Si no existiese dicha superficie, la sustancia viviente se dispersaría en el medio, y sin un constante intercambio sería incapaz de mantenerse mucho tiempo (a esto se le llama metabolismo).

Oparin estudió la formación espontánea de gotitas de polímeros concentrados, al separarse de una solución acuosa. Estas gotitas, llamadas coacervados, han sido objeto de innumerables experimentos, mediante los cuales se ha demostrado que alcanzan cierta estabilidad y que son capaces de reproducir procesos metabólicos simples, de crecer y de reproducirse, formando coacervados hijos que a veces conservan las propiedades químicas de su progenitor. Se abre así un interesantísimo campo para la investigación. Naturalmente, los coacervados no son más que modelos de laboratorio de lo que pudieron haber sido los precursores de las primeras células. Oparin deja a un lado la cuestión de la formación del primer gen (ADN) para estudiar cómo pudo actuar la selección natural en las etapas inmediatamente anteriores a la célula viva. Las gotitas de polímeros que consiguieran captar del medio los catalizadores adecuados para llevar a cabo procesos metabólicos que aseguraran su estabilidad, crecimiento y reproducción, acabarían predominando sobre las demás. Como se ve, en este caso el metabolismo pasa a un primer plano como característica de la vida. Una cualidad muy importante de los coacervados es que, a pesar de su consistencia líquida, tienen cierta estructura. Las moléculas y las partículas coloidales que los forman no se encuentran distribuidas al azar, sino que están situadas según determinada forma espacial (a veces visible al microscopio).

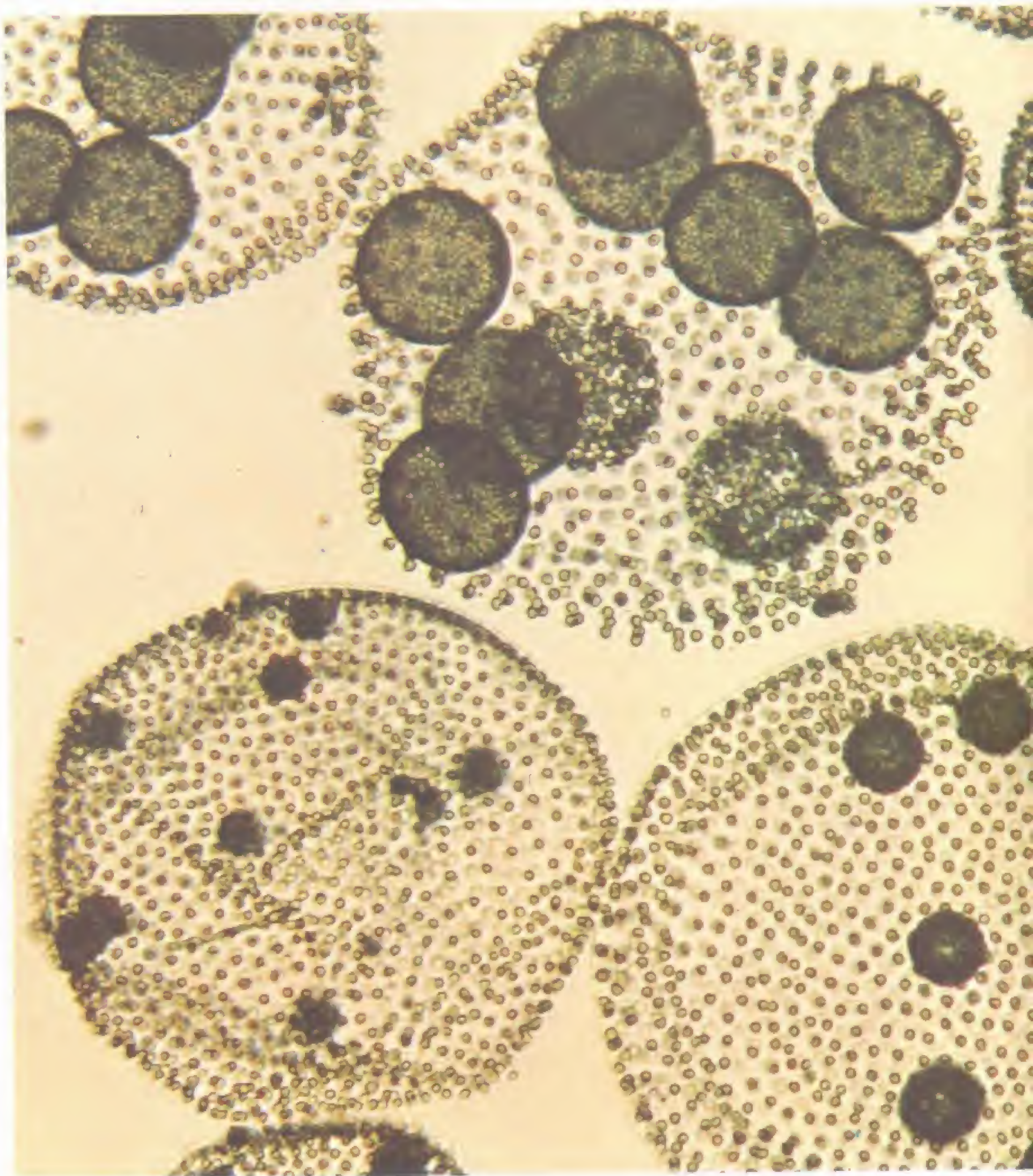
El metabolismo y la reproducción son dos caras de la misma moneda, dependen mutuamente uno del otro, y lo más razonable es suponer que evolucionaron juntos y que no fueron, en un principio, tal como los conocemos ahora, aunque sí se debe pensar que desde el comienzo de la vida debió haber ácidos nucleicos (sustratos de la reproducción) y proteínas (del metabolismo).

Las primeras células Los primeros organismos debieron ser parecidos a las bacterias que realizan su metabolismo por fermentación, sin oxígeno. Para ellos, el oxígeno hubiera sido muy venenoso, como lo es hoy para esas bacterias. La intensa evolución prebiológica habría formado gran cantidad de moléculas orgánicas ricas en energía, y las primeras células debieron aprovecharlas para su metabolismo. Pero esa situación no se podía prolongar indefinidamente. Debó producirse una crisis de "suministros" cuando los organismos vivos proliferasen demasiado y los nutrientes empezasen a escasear. Esta crisis pudo ser un fuerte acicate para la evolución: sólo se salvarían las células que hubieran "inventado" la fotosíntesis, mientras que el resto se vería obligado a extinguirse gradualmente, a medida que lo hicieran los nutrientes formados por procesos no biológicos.

Una nueva era La fotosíntesis inaugura así una nueva era en la evolución de la



Abajo, *Volvox*, un grupo de algas coloniales. Las células individuales de *Volvox* se parecen mucho a las *Chlamydomonas*, un alga unicelular que vive en las aguas dulces y en los suelos húmedos. El *Volvox* es un microorganismo intermedio entre la condición colonial y la condición pluricelular. Según las especies, unas pocas células o muchas de ellas pueden separarse de la célula madre y nadar para empezar una vida autónoma. La forma esférica del *Volvox* recuerda a la de la blástula animal. La blástula, que aparece durante el desarrollo embrionario de todos los animales, es una prueba de que la vida animal procede de un progenitor común. A la izquierda, un estromatolito, un huella evidente de las primeras formas de vida.





vida, y también en la historia de la Tierra, pues cambia totalmente la composición de su atmósfera. El proceso fotosintético consiste en el aprovechamiento directo de la energía solar por parte de la célula, con el fin de sintetizar sus propios nutrientes. El oxígeno se forma como un subproducto de este proceso, y pasa a la atmósfera. La irrupción de la fotosíntesis fue de tal magnitud, que de una atmósfera reductora se pasó a una atmósfera rica en oxígeno, en detrimento del dióxido de carbono. Pero la fotosíntesis no sólo alteró las condiciones físicas de nuestro planeta. Los organismos se tuvieron que adaptar a la presencia del oxígeno, un gas que en principio resulta muy perjudicial y corrosivo para la vida. Esta adaptación fue enormemente positiva, pues los organismos empezaron a quemar su alimento con oxígeno, mediante una reacción con un balance energético dieciocho veces superior al de la fermentación. Esto, sin duda, supuso

Arriba, estromatolitos, comunidades de bacterias fotosintéticas que forman capas rocosas superpuestas. Formados sobre todo por fragmentos de roca de carbonato de calcio, cementados tras haber sido precipitados por las cianobacterias, los estromatolitos proliferan durante el Precámbrico. En el centro, una fuente geotermal en la que se han encontrado organismos como el que se ve a la derecha. Podría tratarse de una tercera forma de vida, distinta de los procariotas y los eucariotas, capaz de alimentarse de hidrógeno y dióxido de carbono, eliminando metano. Su edad, tal vez, sea de unos 4.000 millones de años.



un gran impulso en la evolución de la vida.

Con la aparición del oxígeno en la atmósfera se formó la capa de ozono (O_3) que filtra la mayor parte de las radiaciones ultravioletas solares. Probablemente, esta alteración tuvo como consecuencia la interrupción de la síntesis de sustancias orgánicas no biológicas en la superficie del planeta.

Células con núcleo Se supone que fue hace unos 1.500 años cuando aparecieron las primeras células con núcleo, o *eucariotas*. Ya hacía tiempo que la atmósfera era rica en oxígeno. Estas células, en las que el material genético se concentra en un núcleo separado del citoplasma, donde tienen lugar los procesos metabólicos, inauguran la reproducción sexual, lo que supone que los organismos sean mucho más versátiles en su adaptación al medio, con el consiguiente impulso para la evolución de la vida.



La mayoría de los eucariotas son organismos pluricelulares, lo que supone otra gran ventaja por la diferenciación de funciones que se puede dar. Además, las células eucariotas tienen en su interior unas subunidades u orgánulos que tal vez deriven de organismos libres incorporados en una etapa posterior a la de la formación de la célula. Las principales subunidades son las *mitocondrias* y los *cloroplastos*, y en ellos se han descubierto pequeños fragmentos de ADN, lo que refuerza la hipótesis de su origen independiente. La diferencia entre procariotas y eucariotas es mucho más tajante que las que se encuentran entre plantas y animales, todos ellos organismos eucariotas.

Véase **Aminoácidos; Animal, evolución; Atmósfera terrestre; Biología molecular; Materia viva; Tierra**

Vídeo y cinta de vídeo

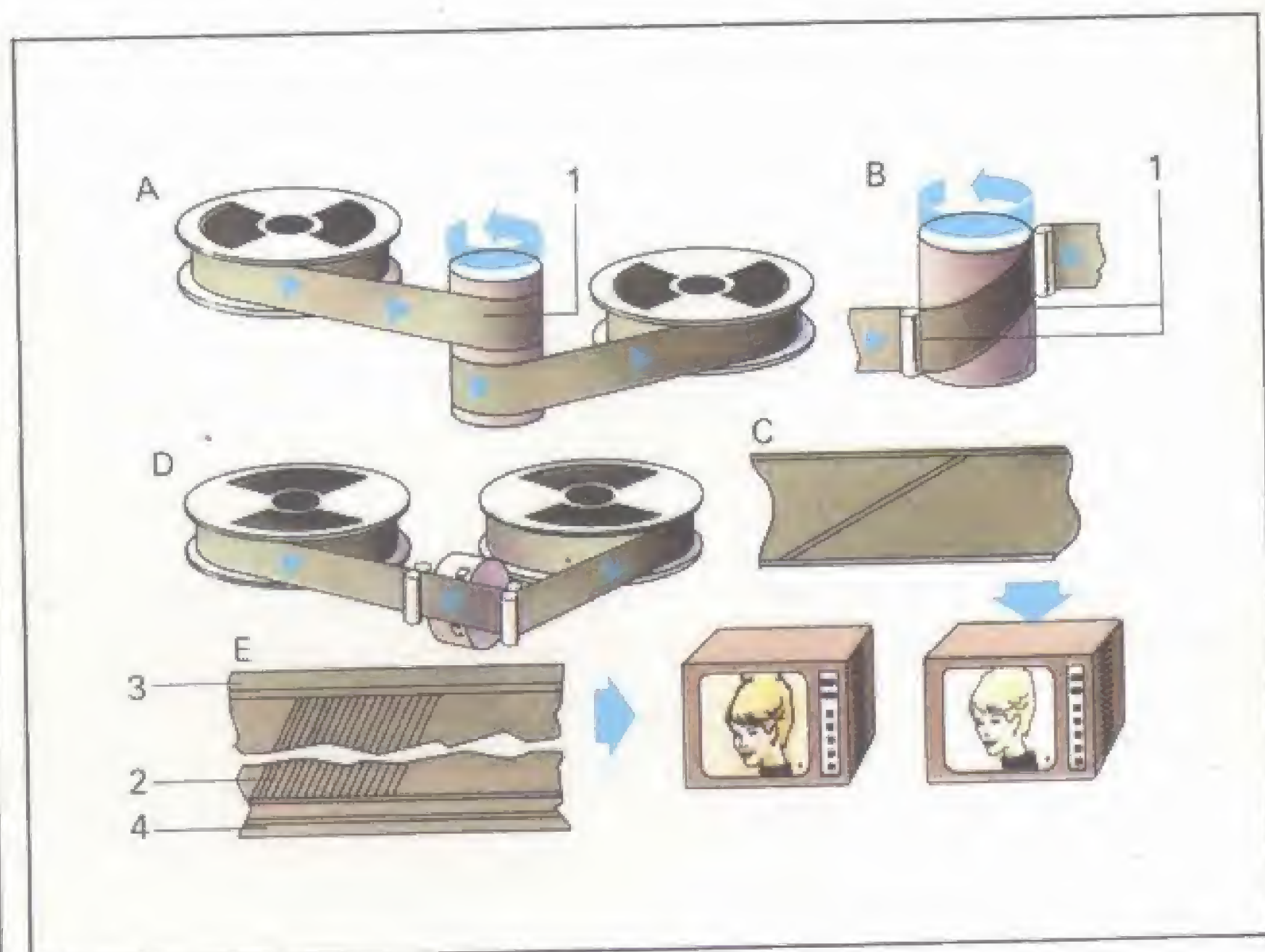
La aparición de la televisión ha sido uno de los acontecimientos más importantes de nuestro siglo en el campo de la comunicación de masas. La televisión nació con la finalidad de poder transmitir a grandes distancias, no sólo la señal de audio, sino también la señal de vídeo, intentando llevar la imagen allí donde ya llegaba el sonido gracias a la radio. Hoy día, la televisión o sistemas integrados de la misma se utilizan tanto en el control de procesos industriales como en las modernas técnicas pedagógicas. Y se sigue empleando masivamente en la difusión de noticias e informaciones, o en sus aplicaciones más evidentes y difundidas, como son los sistemas de vigilancia o las actividades de animación cultural y diversión, en general. Casi todo el mundo, especialmente en Europa y Norteamérica, posee un televisor e, incluso en los países don-

de está menos difundido, todos los habitantes conocen su existencia y ven de cuando en cuando programas en los aparatos de los locales públicos.

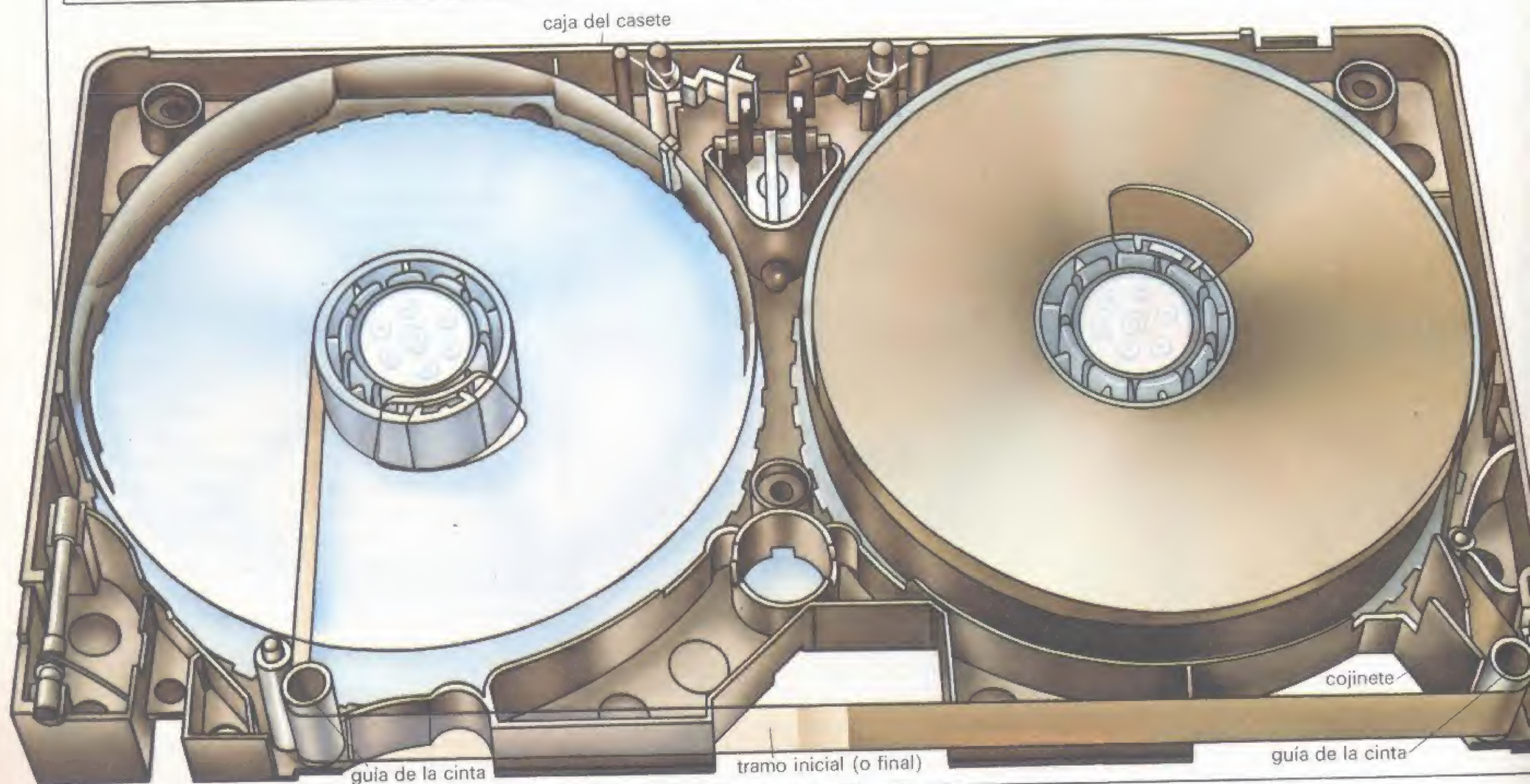
La grabación en vídeo Con el desarrollo de la transmisión de imágenes de televisión ha nacido la necesidad de grabar estas señales, tanto para conservar una copia de lo que se ha transmitido, como para poder repetir su visualización. Si se estima que vale la pena conservar algo de lo que se está viendo y recibiendo, independientemente de que se trate de una transmisión en directo (como en el caso de una retransmisión deportiva) o de un programa realizado en estudio, es comprensible que se considere muy útil tener la posibilidad de hacerlo. De ahí que cada vez sea mayor el número de personas que dispone de sus propios aparatos para grabar los

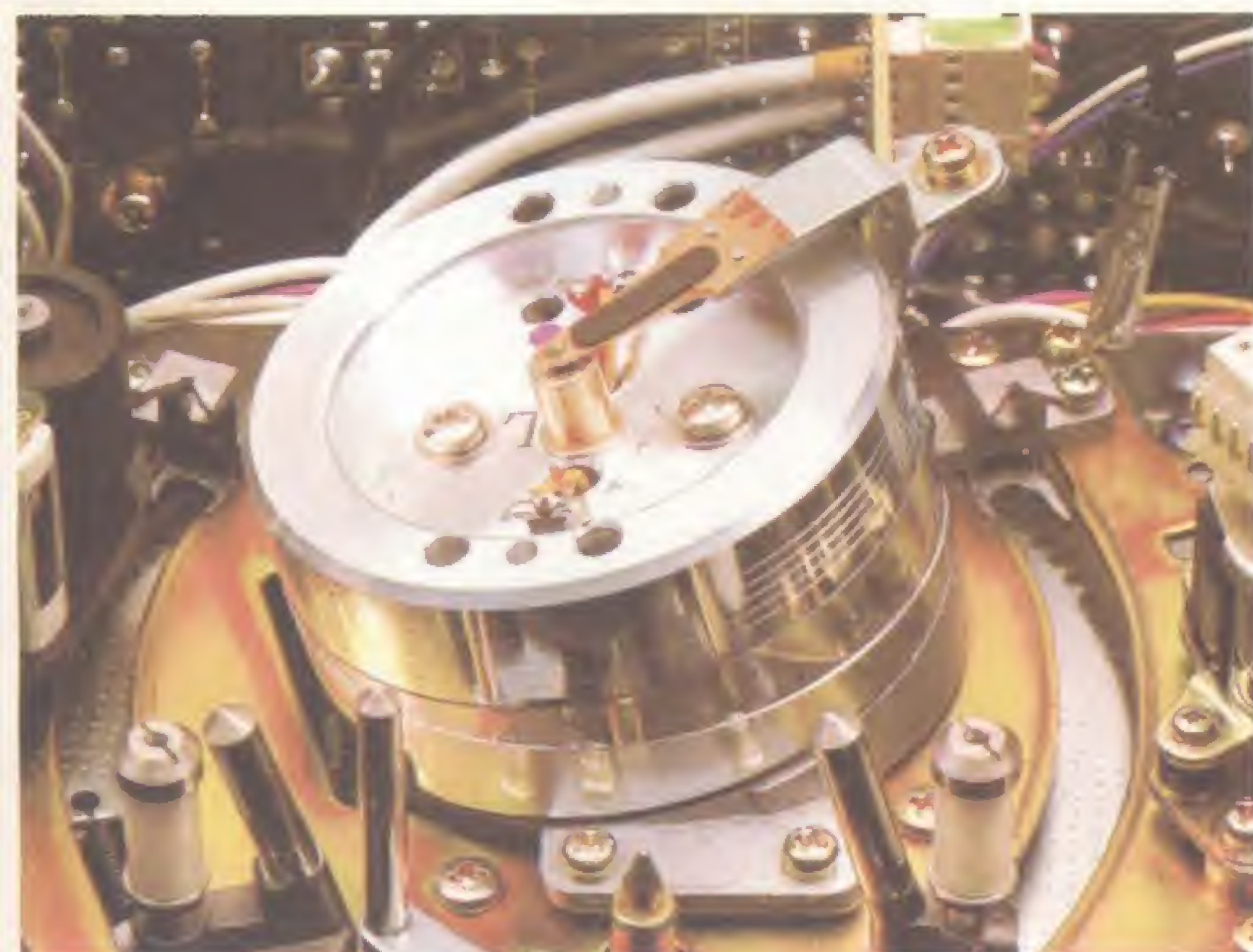
programas de televisión. De entre las distintas tecnologías que pueden responder a esta necesidad, el vídeo que graba en cinta ha demostrado ser la más efectiva desde el punto de vista comercial, siendo la más difundida en el mercado entre los usuarios.

La grabación en cinta magnética La grabación de imágenes de televisión, al igual que la de señales acústicas, se basa en la utilización de una cinta magnética. Se trata simplemente de una cinta fina de material plástico, cubierta por una capa más fina de óxidos metálicos que tienen partículas magnetizables. Para entender el comportamiento de estas partículas es necesario remontarse a la señal eléctrica original. Cuando se hace pasar esta señal por una bobina de hilo conductor enrollada sobre un núcleo de hierro, se genera un campo magnético en el interior del núcleo. Este campo magnético tiene una intensidad proporcional a la corriente eléctrica que lo genera. Si se coloca en un extremo del núcleo magnético la cabeza de grabación (salida de la señal magnética) y se hace correr la cinta pegada a él, el campo magnético hará que las partículas magnetizables se orienten de una forma específica. Existen muchas formas de obtener la magnetización, cada una de las cuales necesita tipos distintos de cabezas de grabación. La alteración en la distribución de partículas magnéticas en la cinta es una representación única de la señal original (imagen de televisión) que la ha producido. Una vez grabada, la cinta conserva indefinidamente la configuración de las partículas, lo que permite el proceso inverso, aprovechando que al pasar la cinta por delante de la cabeza se reproducen en la bobina las señales eléctricas.



A la izquierda, esquemas del principio de grabación en vídeo. La cinta se mueve helicoidalmente alrededor de un tambor giratorio sobre el que se apoyan una (A) o dos (B) cabezas de grabación y reproducción (1). De esta forma se obtienen pistas en diagonal (C). El barrido transversal (D) produce cintas grabadas (E) con pistas de vídeo (2), audio (3) y control de imagen (4). Abajo: interior de un casete de vídeo. Este soporte, que está teniendo un gran éxito comercial, permite grabar y reproducir imágenes durante varias horas.



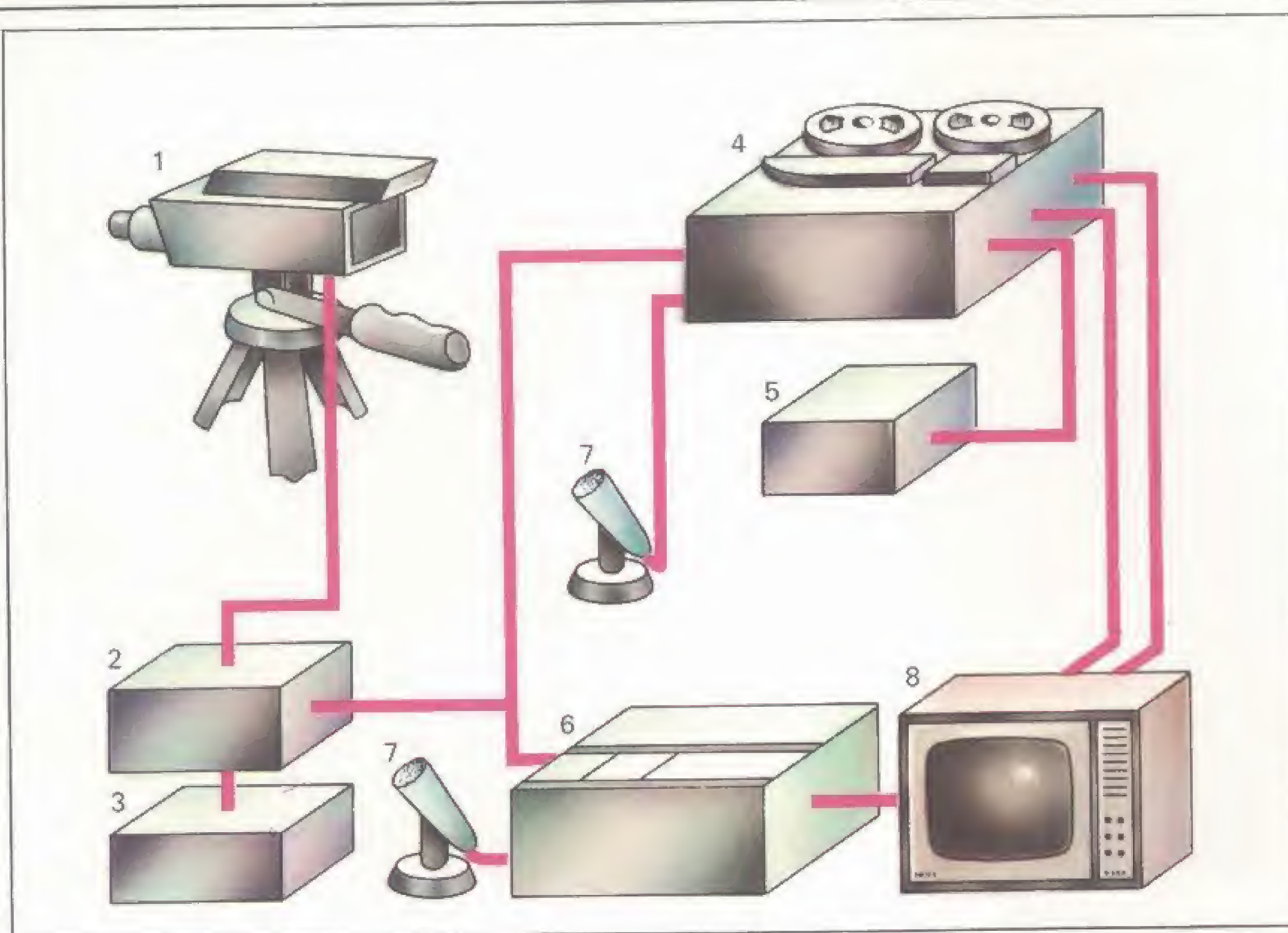


El sistema de grabación helicoidal para grabar señales de vídeo consiste en un tambor —como el que aparece sobre estas líneas— en el que se enrolla la cinta en espiral. Como en el caso de otros aparatos de grabación de audio y vídeo, los motores de tracción directa pueden mantener constante la velocidad de la cinta por delante de la cabeza de grabación, ya que la velocidad del motor está controlada por un circuito con oscilador de cuarzo. En los vídeos modernos se puede buscar fácil y rápidamente una escena grabada. El arrastre de la cinta está controlado además por un microprocesador. Todas las funciones tienen pulsadores digitales muy sensibles para su control. En la fotografía de arriba, a la derecha, se observa un detalle de los pulsadores con los controles principales y el compartimento del casete.

En la fotografía de la derecha se puede ver una moderna cámara de vídeo para tomar imágenes en color. Está provista de un objetivo con *zoom* de velocidad variable. La empuñadura permite que el operador tenga a mano los controles principales de puesta en marcha y parada de la grabación. El micrófono de forma alargada, en la parte superior de la cámara, está conectado electrónicamente con el objetivo.



Velocidad de la cinta Las cintas magnéticas pasan por delante de la cabeza a una velocidad de 38 centímetros por segundo. Cualquiera que sea la velocidad elegida de la cinta, lo importante es que ésta se mantenga constante. A su vez, las cadenas de grabación del vídeo giran constantemente para aumentar la velocidad sobre la cinta y ampliar así el margen de frecuencias que se pueden grabar, hasta alcanzar las correspondientes a las señales de vídeo. Solamente las señales de audio se graban y reproducen a la velocidad normal de la cinta (con la cabeza parada). Uno de los primeros sistemas de



control de la velocidad de arrastre de la cinta se basaba en carretes de tracción especiales y tensores que, con un muelle metálico, hacían presión sobre la cinta, manteniendo así una tensión constante. Sin embargo, este método era demasiado rudimentario e impreciso. Un sistema más perfeccionado hacía uso de cámaras de vacío y células fotosensibles. La cinta se retenía ligeramente y se hacía pasar por las cámaras de vacío, situadas a ambos lados de la cabeza de grabación o reproducción. Las fotocélulas estaban colocadas de forma que detectaban continuamente la cantidad de cinta existente en el interior de las cámaras y actuaban aumentando o reduciendo la velocidad de giro del motor, de forma que esta cantidad se mantuviera constante. En la cinta se grababan impulsos de referencia, de forma que la cabeza pudiera detectar la velocidad y el avance.

Nuevos formatos de vídeo En los años ochenta, los vídeos domésticos han alcanzado una gran difusión gracias a la intro-



Arriba se han representado las fases principales que constituyen un proceso completo de grabación de vídeo. La cámara (1) está conectada, a través de un sistema de control (2) y un

sincronizador (3), a un regenerador de bobinas (4) con sistema de color (5) o a un videocasete (6). Un micrófono (7) se encarga de registrar el sonido. El televisor en color (8)

está dotado de entradas para utilizarlo como monitor durante la grabación y para la reproducción de la cinta. En el centro se ha representado una secuencia de la búsqueda de una

imagen (hacia adelante y hacia atrás). Sobre estas líneas: cámara para grabación en color, vídeo portátil y sintonizador, aparato que permite recibir programas de televisión y registrarlos,

aunque el usuario no esté presente, con un mando de distancia. En la página siguiente se observan: arriba, un vídeo compacto; en el centro, un aparato especial con pantalla de grandes

dimensiones y altavoces para reproducir mejor el sonido de los programas grabados; abajo, un detalle del sistema de control para la selección de canales.



ducción de aparatos portátiles de casetes de coste relativamente bajo, llamados VCR (*Videocassette recorder*). Estos aparatos se conectan al televisor y pueden grabar y reproducir imágenes en videocasetes, es decir, pequeños cartuchos de características similares a los casetes de audio, aunque de dimensiones algo mayores. Estos casetes suelen tener una cinta magnética de 13 mm de ancho y de longitud suficiente para garantizar varias horas de grabación.

Características especiales Las retransmisiones deportivas son las que más se han beneficiado de las ventajas de la grabación en vídeo, ya que se puede, por

ejemplo, parar la imagen en un cierto instante, consiguiendo así un efecto análogo al de una fotografía. La reproducción a cámara lenta, que se puede realizar pocos segundos después de la grabación, permite reproducir a menor velocidad las imágenes registradas anteriormente. La repetición instantánea de una acción, que se ha convertido en una característica muy importante de la transmisión de muchos acontecimientos deportivos, sería imposible sin el vídeo, que graba las imágenes inmediatamente y de forma permanente.

Véase **Magnetófono; Objetivo fotográfico; Televisión; Videodisco**



Videodisco

Desde el punto de vista del campo de la comunicación de masas, la aparición y divulgación de la televisión ha constituido uno de los acontecimientos más importantes de nuestro siglo. Pero lo más significativo es el hecho de que una nueva época, marcada por la tecnología, se ha abierto ante la humanidad mostrando un futuro con miles de posibilidades. Desde que se inventó la televisión se ha hablado de una futura "revolución en las comunicaciones". Uno de los desarrollos más espectaculares de esta revolución ha sido, sin duda, la aparición del *videodisco*, que permitirá tener colecciones de programas de televisión y películas de la mis-

ma forma que ahora se coleccionan discos de música.

Sin embargo, la producción de la unidad de lectura de videodiscos (el "toca-discos vídeo") ha resultado ser más difícil y costosa de lo que se había previsto, de forma que hasta el año 1979 no se puso a la venta el primer videodisco.

Los videodiscos son muy distintos de los videocasetes y su precio es aproximadamente el doble. Los videocasetes son cintas para grabación y reproducción de vídeo que se pueden utilizar para grabar los programas que se reciben en la televisión. En cambio, los videodiscos tienen programas grabados de forma similar a

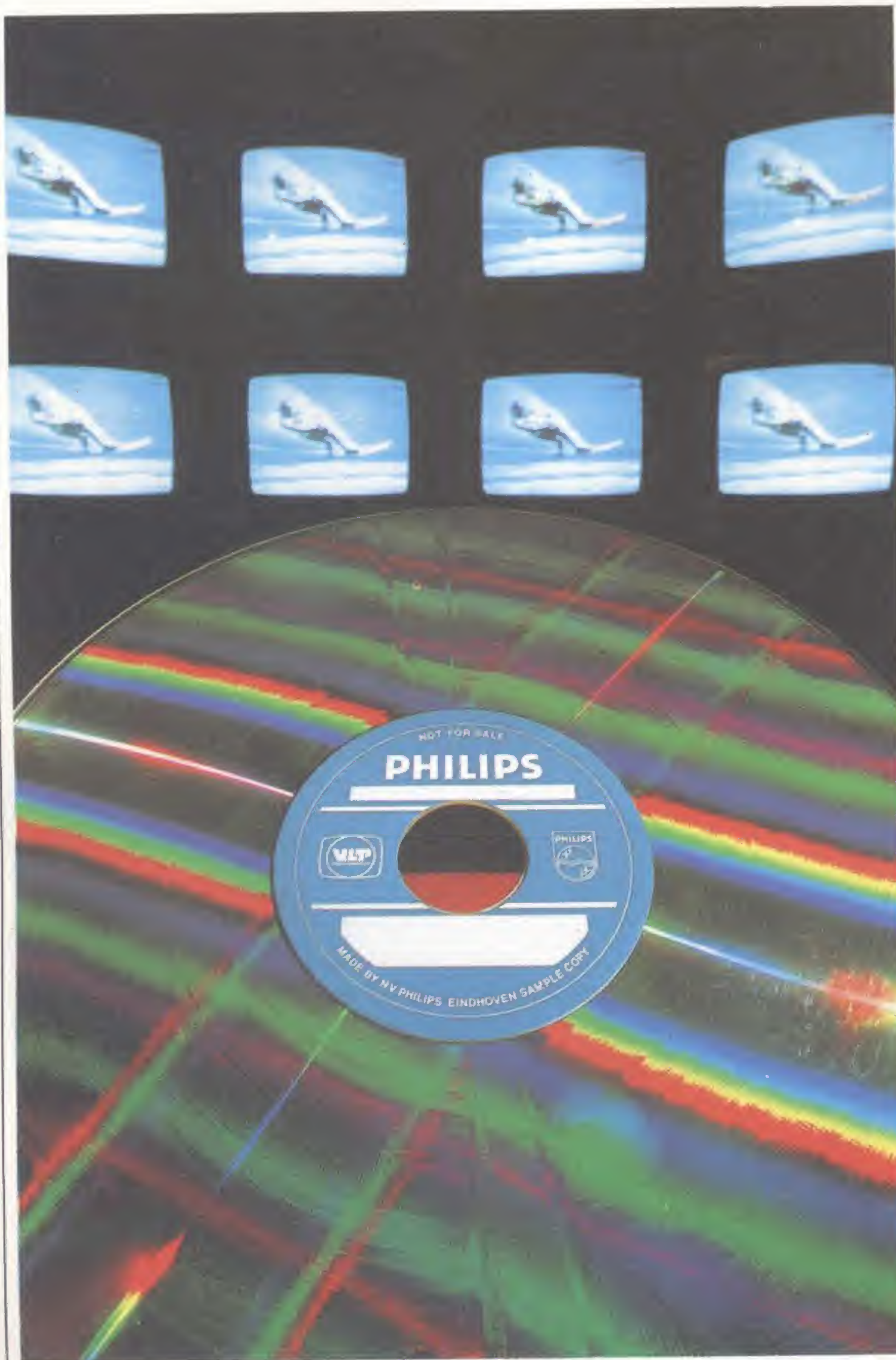
los discos normales de música e, igual que éstos, no se pueden borrar y grabar de nuevo. Mientras que los discos de música tienen una velocidad de giro normal de 33-1/3 revoluciones por minuto, los videodiscos pueden llegar a girar a 30 revoluciones por segundo, y, a pesar de ello, suelen tener una duración superior. Tienen grabadas imágenes en color y sonido, que se reproducen utilizando un televisor y una unidad de lectura de vídeo. Cuando tienen grabado sonido estereofónico, se pueden conectar también a un equipo de sonido de alta fidelidad. Con los tres aparatos conectados, se coloca el disco en la unidad de lectura ("toca-discos") y, tras apretar la tecla de puesta en marcha, aparecen las imágenes en la pantalla del televisor al mismo tiempo que comienza a oírse el sonido estereofónico a través de los altavoces. La tecnología del videodisco es completamente nueva y está todavía en fase de desarrollo. Actualmente existen por lo menos tres sistemas diferentes e incompatibles entre ellos: en el futuro, tendrá que ser el usuario el que decida cuál es el mejor sistema, comprando un tipo u otro, u obligando a que se transformen en compatibles mediante una normalización de sus características.

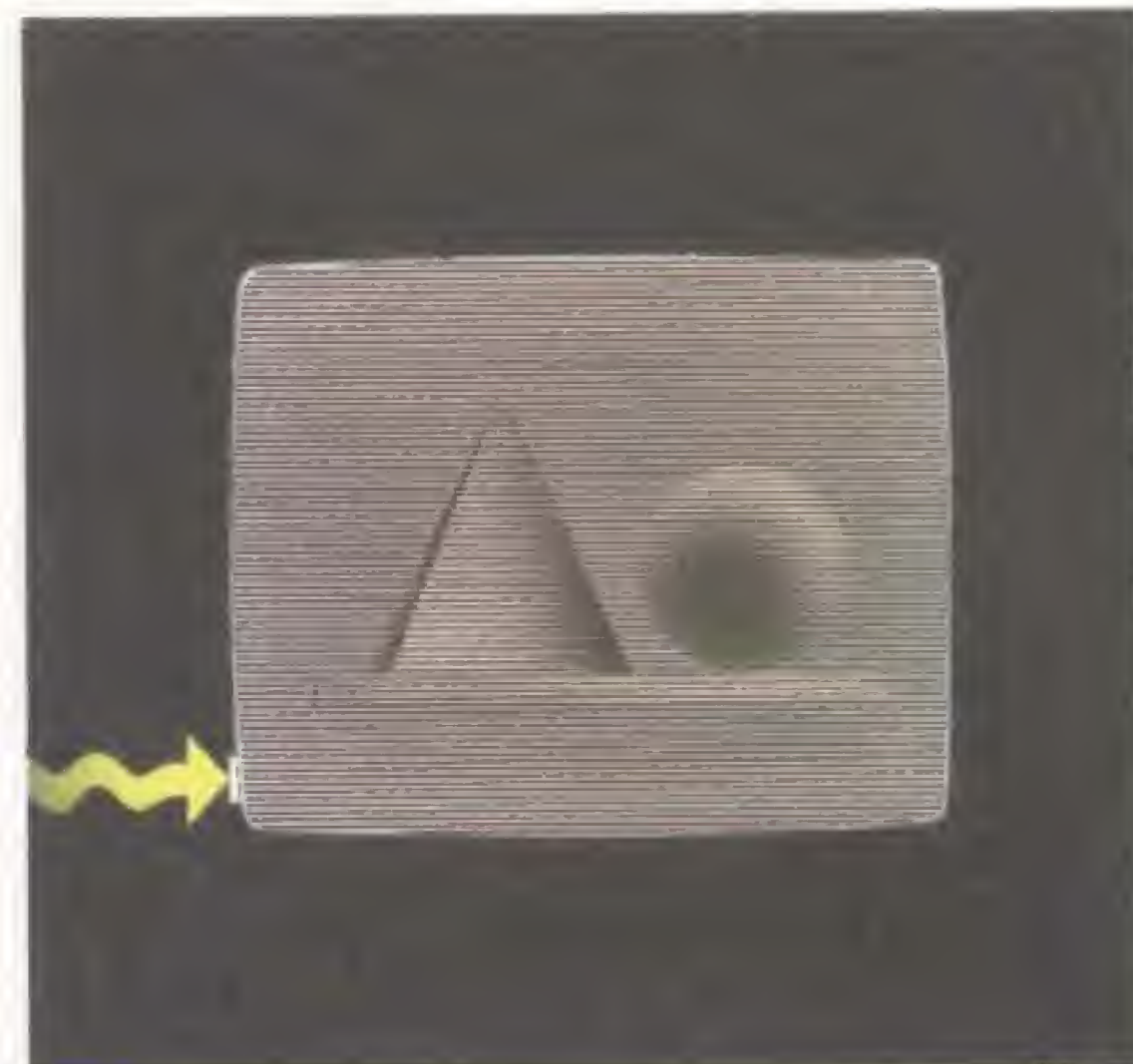
La producción de videodiscos El videodisco del primer sistema introducido se asemeja a un LP estándar de 30 cm, exceptuando el hecho de que no tiene surcos y de que su color es plateado. La información se encuentra debajo de una superficie lisa de plástico, bajo la cual hay una capa de aluminio que contiene millones de pequeñísimas cavidades, incisas mediante un procedimiento de impresión por calor. La luz que refleja el disco cambia de color según el ángulo de exposición debido a la refracción de la luz en la rejilla que forman las minúsculas cavidades, que constituyen, en realidad, la grabación de sonido e imagen, codificadas por medio de un ordenador. El aparato de reproducción tiene que descifrar el mensaje para convertirlo después en señales de vídeo y audio.

La producción de videodiscos requiere un proceso muy complejo, para cuya explicación se puede tomar como ejemplo la grabación de una película en disco. El primer paso consiste en registrar la película en una cinta, donde se graban las imágenes y los sonidos en forma de señales eléctricas. Estas señales se convierten en señales de FM (se modulan en frecuencia). Todas las señales tienen una frecuen-

A la izquierda de estas líneas, un videodisco grabado y preparado para introducirlo en el toca-discos y verlo a través de los monitores; el resultado es mejor que el obtenido mediante una grabación en cinta magnética y los discos, teóricamente, no se deterioran con

el paso del tiempo. Lo que más llama la atención del videodisco es el aspecto iridiscente de su superficie. El efecto se debe a la regularidad en la distancia entre las pistas, que actúa como un complejo de rayas de una red de difracción espectroscópica.





A la izquierda, arriba: un tocadiscos láser con el mismo fondo de monitores con imágenes. Sobre estas líneas, el resultado final de la lectura del disco con láser visto en un monitor. Abajo, funcionamiento de la cabeza de lectura de un videodisco. Se puede observar cómo un láser de emisión continua genera un fino haz de luz que se dirige al cubo semirreflectante,

de aquí al espejo de la derecha, y de éste al que está en el interior del tubito vertical en un mecanismo separado del anterior. En la parte de arriba del tubito, un objetivo enfoca el haz láser sobre el disco y, si se refleja, lo vuelve a captar para que recorra el mismo camino hasta atravesar el cubo, donde una fotocélula lo convierte, finalmente, en señal eléctrica.



Como la altura de la señal es siempre la misma en una señal de FM, a partir de las rayas se puede reconstruir la señal entera. Estas rayas se graban con un láser sobre el videodisco virgen. Esta grabación produce minúsculas cavidades (un videodisco normal puede contener hasta 26 mil millones por cada cara) en la superficie. Todo el conjunto representa la señal entera de FM, que se tiene que leer, por tanto, en un tocadiscos de vídeo para convertirse de nuevo en sonido e imagen según el proceso inverso.

La reproducción en disco Para descifrar el disco, un haz de láser muy fino alcanza el surco desde el centro de un aparato guiado por una serie de espejos. El rayo atraviesa la capa exterior y llega a la superficie plateada interna. Dependiendo de la existencia o inexistencia de cavidad, el rayo se refleja o no hacia la zona donde se ha originado. La luz intermitente reflejada llega hasta un prisma, que la separa del rayo original. Por último, la luz pasa por un fotosensor (dispositivo sensible a la luz) que "lee" el mensaje y lo convierte en una señal eléctrica, enviándola a un decodificador que la transforma en otra señal de vídeo y de audio.

La cantidad de información necesaria para grabar señales audiovisuales es enorme debido a que en una imagen hay muchos detalles y por tanto la frecuencia de la señal correspondiente tiene que ser muy alta.

El disco gira a la velocidad de 1.800 revoluciones por minuto y cada giro equivale a un fotograma de la película. La se-

cia determinada, que es el número de ondas que pasan por un punto en un segundo. Se puede codificar la información modulando o cambiando la frecuencia de una señal de frecuencia mucho mayor (portadora) de acuerdo con las variaciones de la señal que se quiere modular. En la señal modulada en frecuencia (portadora modulada) la altura de la señal permanece constante, pero cambia la distancia entre los picos. Imaginemos una línea que

une los picos con los valles: la parte de la onda seccionada por la línea es una medida de la frecuencia. Una vez que la película se ha convertido en una señal de FM, esta señal se corta en altura, proceso equivalente a quitar una parte de la onda y dejar, sólo, la parte seccionada por la línea. Queda por tanto una secuencia de puntos y rayas de longitud variable, de manera que, conociendo la altura de la sección, se puede saber la frecuencia.



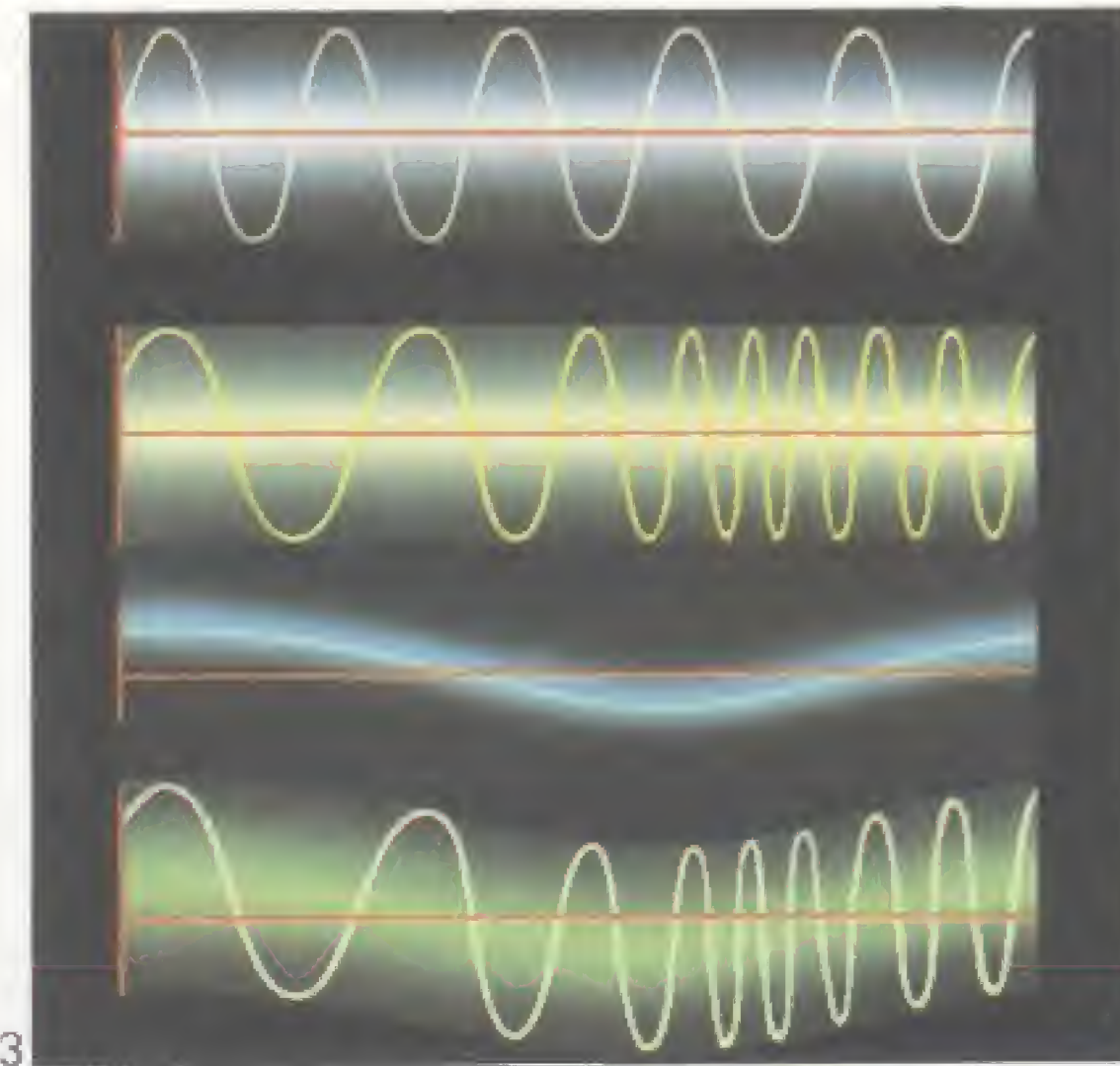
La fabricación de un disco de video empieza con la toma de imágenes. La cámara explora el objeto y produce una señal de video (1). Al mismo

tiempo, un micrófono capta la señal de audio. Sonido e imagen se transforman en una serie de ondas (2), es decir, señales variables con una



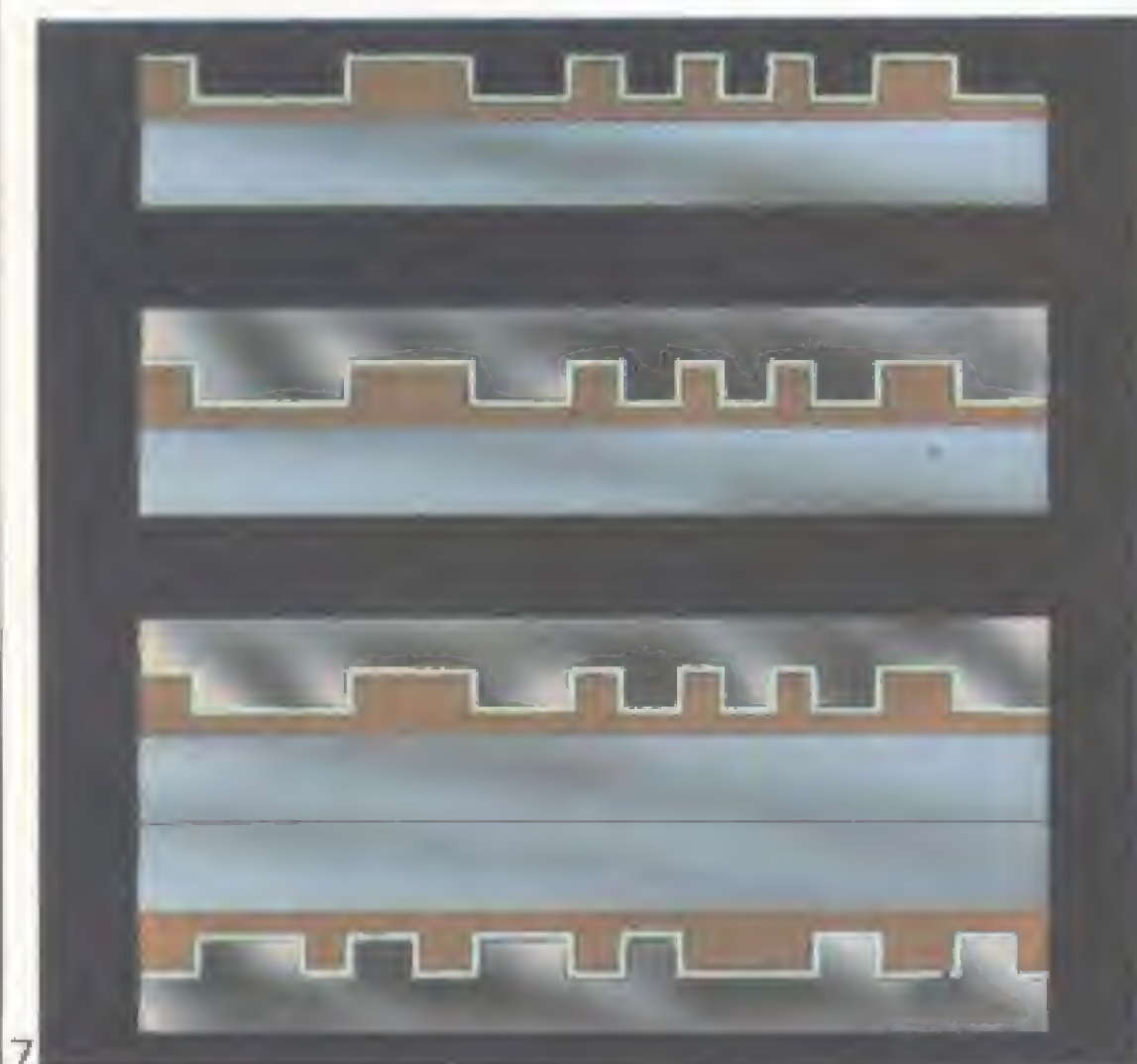
frecuencia bastante alta. Como primer paso, se graba en una cinta magnética para poder conservarla. Estas señales grabadas se procesan para

adaptarlas a la grabación en disco con la técnica del láser. En primer lugar (3), se produce una frecuencia sinusoidal, "portadora" de la



señal que interesa grabar. Esta portadora se modula en frecuencia, de la misma forma que en las transmisiones de radio. A continuación

se superpone la señal de audio (que varía lentamente) y así se obtiene, finalmente, la señal apta para su grabación en videodisco.



Aquí arriba (7) se puede ver que para que el disco sea legible con el láser, es necesario cubrir su superficie con una capa metálica que refleja la luz (D). La cara del disco se cubre

después con una capa de plástico (E) que protege los surcos de los roces que se producen al manejar el disco. Se puede ver que el disco se compone pegando simplemente las dos



caras, siendo una la continuación de la otra (F). Al estar las dos caras juntas, el disco adquiere mayor rigidez. A continuación (8) el disco se puede leer con el láser. El haz se concentra con

el objetivo en un punto pequeñísimo sobre la cara del disco. Si el haz luminoso cae en un agujero de la grabación, la luz no vuelve por el mismo camino y no se recibe señal. Si en cambio la



luz cae en la superficie del disco, entre un agujero y otro, la reflexión devuelve hacia atrás la luz, que se transformará en una señal eléctrica (9). Esta señal se decodifica con el proceso inverso al

utilizado en la grabación y puede entrar en los circuitos de video del televisor. En la página siguiente, un póster con los símbolos del videodisco: láser e iridiscencia.

ñal de video tiene fotogramas como los de las películas de cine, pero su poder de resolución es mayor: 25 ó 30 fotogramas por segundo en vez de los 24 que tienen generalmente las películas.

Al no existir surcos que guíen la aguja sobre su trayectoria, la imagen se puede parar y mantener en la pantalla todo el tiempo que se quiera, simplemente conservando el láser sobre la misma pista del disco. Además, existe una tecla que permite ver fotograma por fotograma, de forma que en un videodisco se pueden ver 5.400 fotogramas por separado.

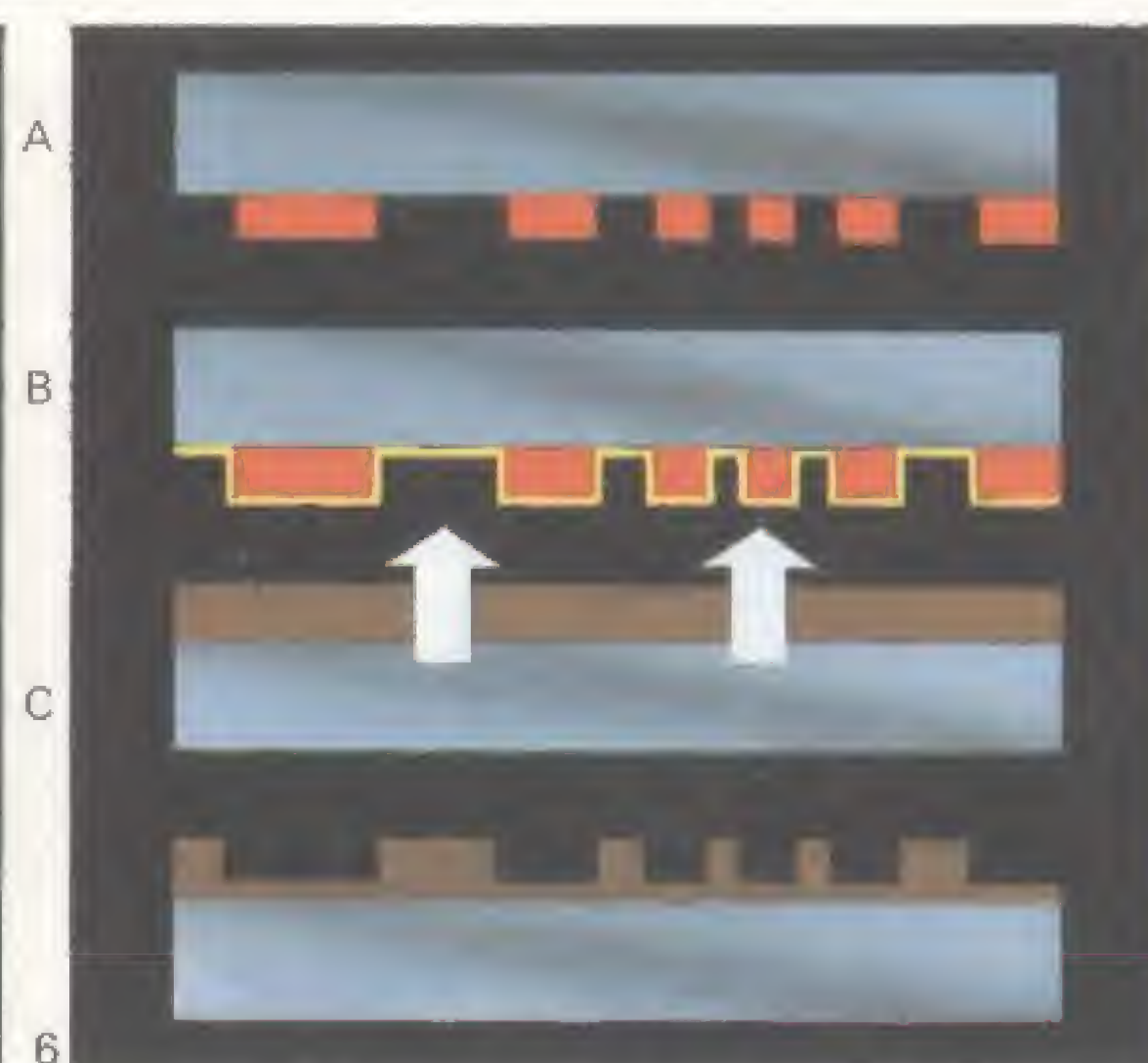
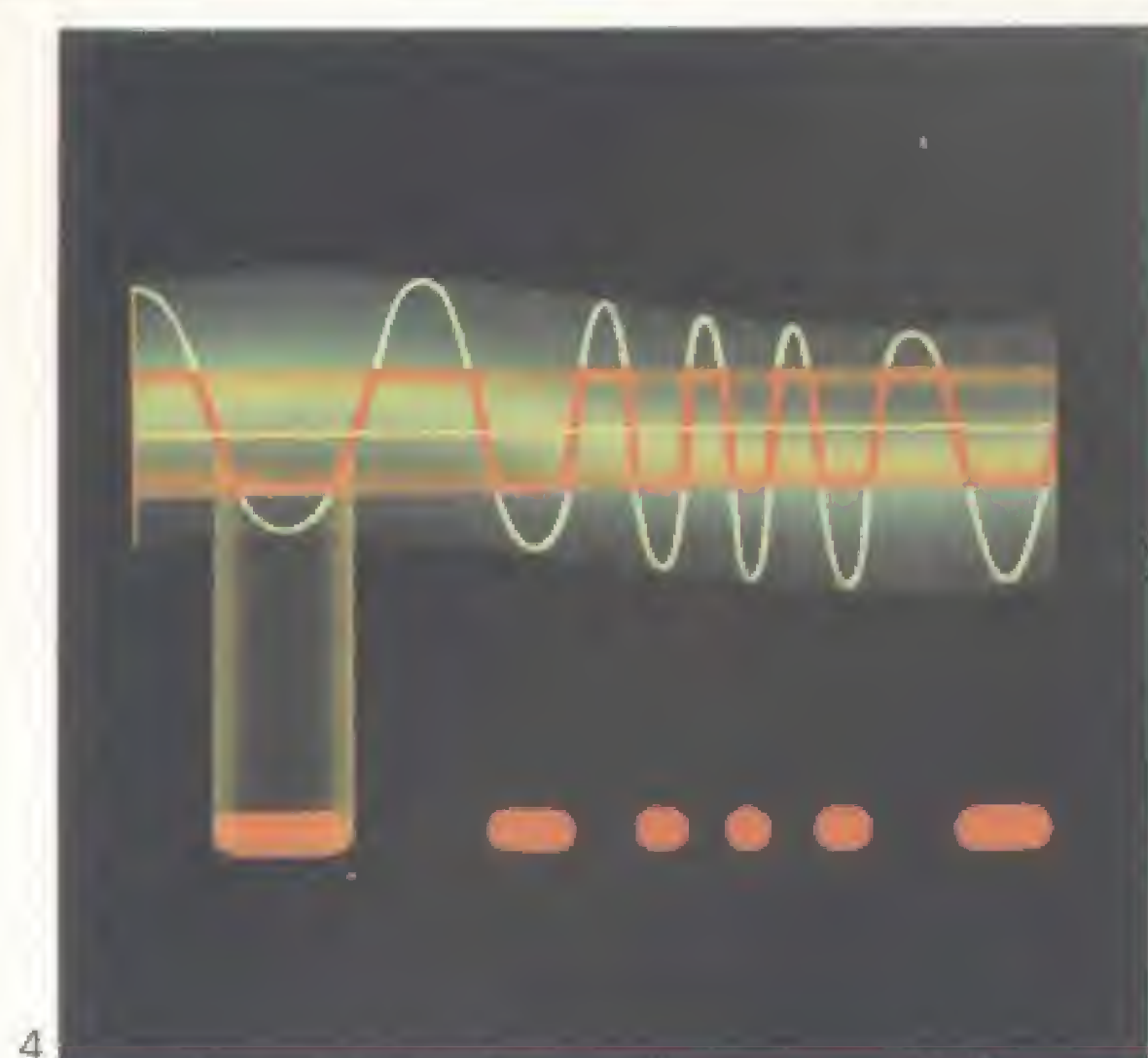
Otra posibilidad de este sistema es que permite conservar el contenido de un libro en un videodisco. Aunque resulte difícil de imaginar, toda la obra de Shakespeare no llegaría a llenar la décima parte de una de las caras de un videodisco. Otra característica de este sistema de gra-

bación es que permite la reproducción, hacia adelante o hacia atrás, a cualquier velocidad.

Otros sistemas Existe un sistema de videodisco en el que el disco está hecho de plástico con carbono para que pueda conducir la electricidad. Una aguja similar a la de los tocadiscos de alta fidelidad resbala sobre el disco, por el que circula una pequeña corriente eléctrica. La aguja detecta las variaciones de corriente entre las partes que tienen o no cavidad. Esta información se pasa a un decodificador que convierte la información en sonidos e imágenes. El disco, que carece de surcos, gira a 900 revoluciones por minuto. Hay otro sistema parecido, pero en el que el disco, provisto de surcos, gira a una velocidad de 450 revoluciones por minuto. Nuevos sistemas en estudio se basan en algunas

de las características de estos dos sistemas ya existentes.

Entre otras cosas, los fabricantes de videodiscos aseguran que estos discos se convertirán en el primer método, casi permanente, para archivar material audiovisual, desde las viejas películas a los más recientes acontecimientos deportivos. Además de la grabación de fotogramas de películas o de páginas de libros, el videodisco permitirá que los bibliotecarios conserven copias "eternas" de películas y libros viejos, lo que permitirá poner a salvo un riquísimo patrimonio cultural que se está estropeando en olvidados archivos. Todo esto es especialmente cierto en el caso del sistema láser, porque, al no existir contacto entre lector y disco, no hay motivos para que se deteriore. Incluso, aunque se pueda llegar a deteriorar ligeramente la superficie de los discos, el so-



Para transformar la señal eléctrica, tomada con la cámara y el micrófono y grabada en cinta, se "lee" la cinta y se pasa la señal obtenida por un

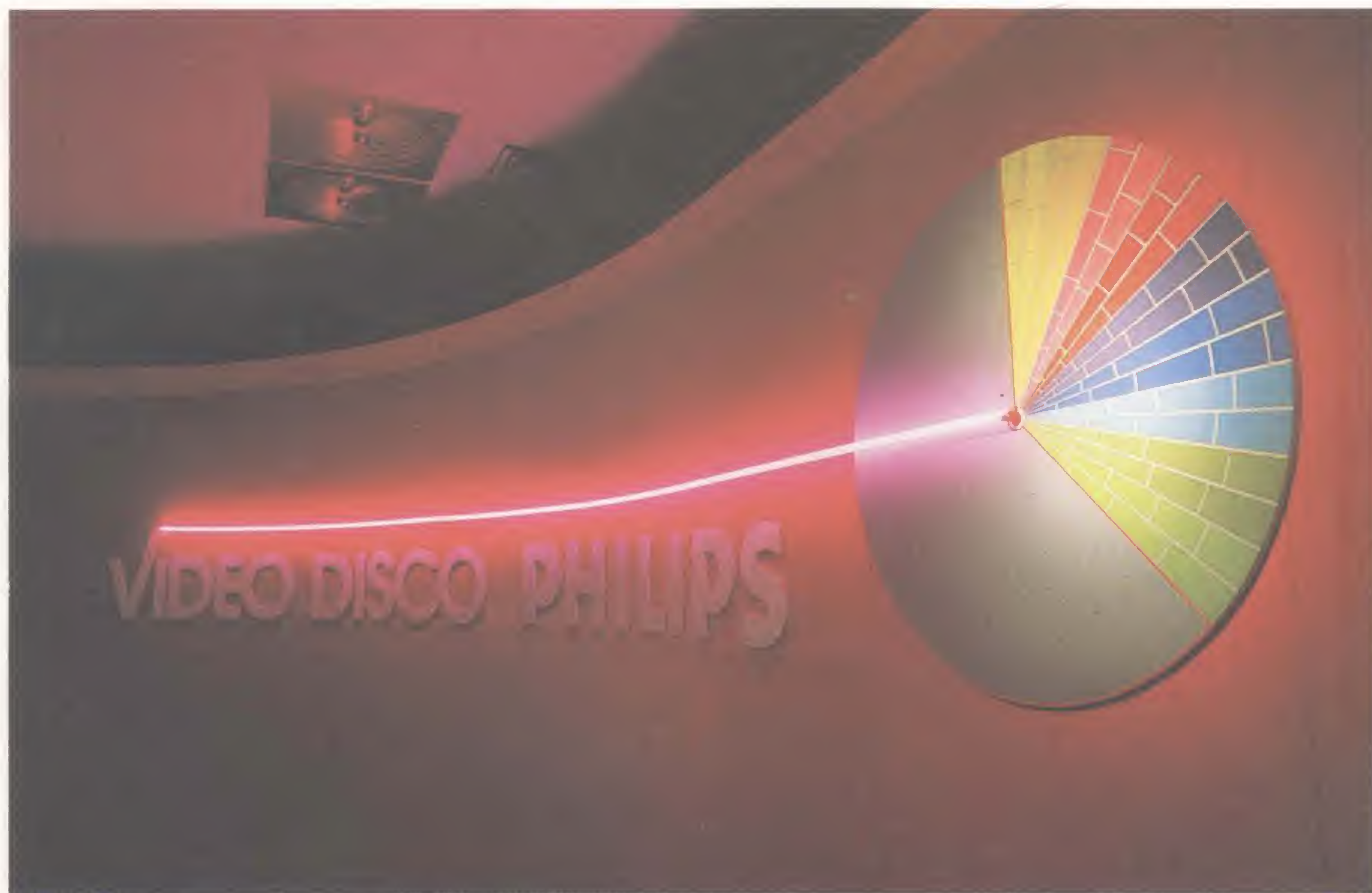
circuito electrónico que recorta la señal (4) y la transforma en una serie de trapezios. Las bases de éstos se miden para determinar la

longitud de los agujeros que hará el láser de grabación. Esta señal es la que controla el encendido del láser (5). El haz, reflejado hacia abajo

con un espejito, entra en un objetivo que lo concentra en la cara de lo que se convertirá en la matriz del videodisco. En la sección de abajo se

puede ver cómo está formada la matriz: se trata de un soporte (a) que sujeta una película opaca fina (b) que se perfora mediante el rayo láser.

La matriz ya preparada para sacar copias (6-A) se robustece (6-B) con una cubierta de metal: cada disco nuevo se prensa contra la matriz (6C).



nido y la imagen grabados quedan inalterables, dado que la información está impresa en la capa plateada interior.

Además, los videodiscos podrán beneficiarse de las nuevas mejoras en el campo del vídeo y del audio, que serán muy útiles para los productores de cine, que actualmente tienen que luchar con películas de baja calidad y se encuentran con graves dificultades al tener que emplear

material fotográfico en cuya fabricación interviene el costoso nitrato de plata.

Esta tecnología puede tener también una importante aplicación en las escuelas, como ya han demostrado los experimentos sobre potencial de uso educativo. Programas piloto patrocinados por las principales redes de televisión americanas han indicado que los estudiantes pueden aprender a leer y estudiar en pantallas de

vídeo, con la ventaja de que las lecciones grabadas en videodisco se pueden repetir todas las veces que se quiera. Estos discos estereofónicos de imagen pueden utilizarse también para enseñar idiomas, grabando sobre una pista un idioma y sobre otra el equivalente traducido.

Véase Disco compacto; Disco fonográfico; Láser; Vídeo y cinta de vídeo.

Vidrio

Sustancia dura y frágil, generalmente transparente, el vidrio se obtiene mediante la fusión y posterior enfriamiento, sin llegar a la cristalización, de sílice con las adecuadas proporciones de caliza y carbonato sódico (o sulfato sódico). Se trata, pues, de un material amorfo, no cristalino, cuya estructura molecular irregular es esencialmente la propia de los líquidos. La sílice (SiO_2) hace al vidrio muy resistente, aunque su elevada temperatura de fusión (1.723°C) implica una mayor dificultad en su elaboración. Esta es la razón por la que se emplean el carbonato sódico (Na_2CO_3) y la caliza (CaCO_3): el primero hace que descienda la temperatura de fusión y la segunda corrige la elevada solubilidad de los vidrios alcalinos y cálcicos. Este tipo de vidrio se utiliza en la fabricación de botellas, cristales de ventana, bombillas, lentes correctoras para la vista y muchas otras aplicaciones. También suele emplearse otros componentes, cuya proporción varía dependiendo del tipo de vidrio que se quiera obtener.

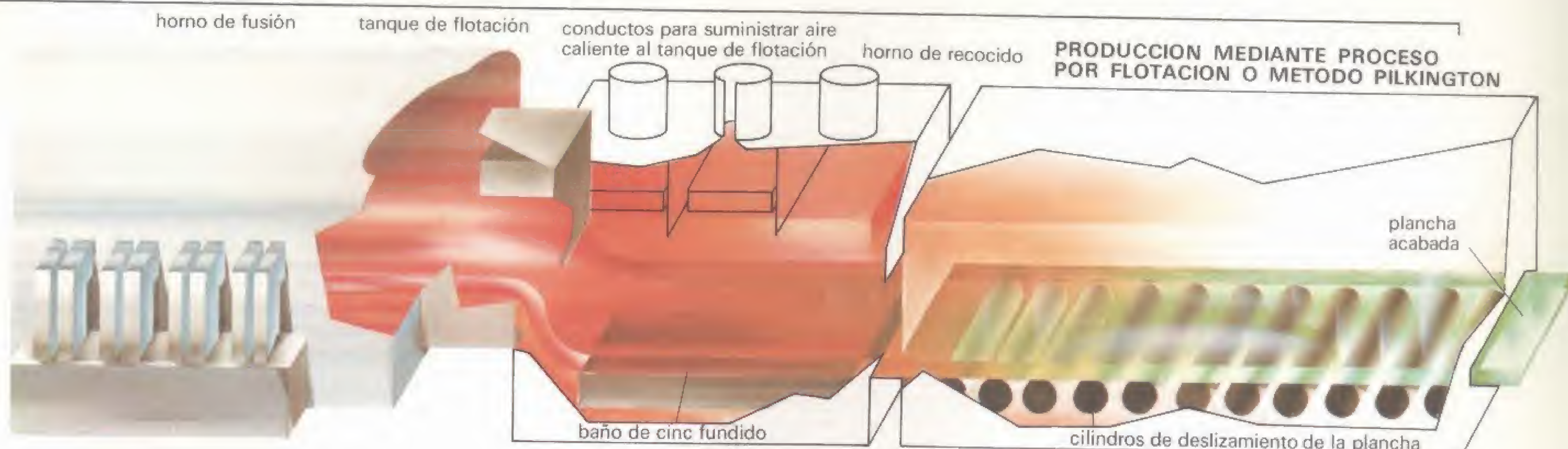
Propiedades químicas y físicas Desde el punto de vista físico, el vidrio presenta una estructura atómica irregular, es decir, sus átomos son capaces de disponerse siguiendo distintos órdenes. Si bien los átomos de silicio siempre están rodeados por el mismo número de átomos de oxígeno (cuatro), los grandes reagrupamientos tienden a estar exentos de orden alguno. Precisamente esta ausencia de una estructura cristalina bien definida (sin planos de deslizamiento formados por combinaciones cristalinas que pueden provocar deformaciones) es la que le da al vidrio su compacidad y brillo. El vidrio también presenta una gran resistencia a la rotura:

En esta página varios aspectos del trabajo de un maestro vidriero. Este realiza los objetos de vidrio más dispares, desde los que tienen un uso específico, como vasos y lámparas, a aquellos cuya única finalidad es la ornamentación.

algunos tipos de fibra de vidrio, cuidadosamente laminada, pueden soportar pesos superiores a $70.000\text{ kg por cm}^2$ de fibra, lo que equivale a unas cinco veces la capacidad de los cables de acero más corrientes.

Producción Las primeras vasijas de vidrio se esculpieron probablemente en bloques sólidos hace unos 4.000 años en Mesopotamia. Mil años después, se desarrolló la técnica de la colada de vidrio fundido sobre un molde de arena. Ambas técnicas permitían crear objetos de vidrio rudimentarios. La verdadera revolución en la producción del vidrio se produjo hacia





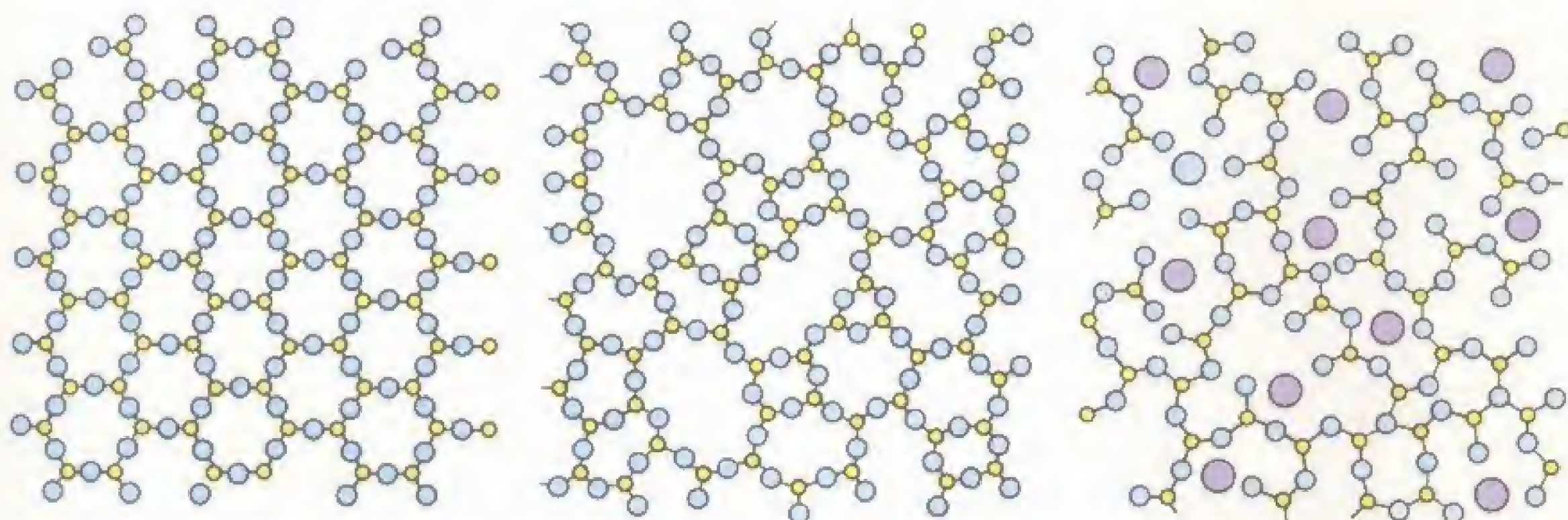
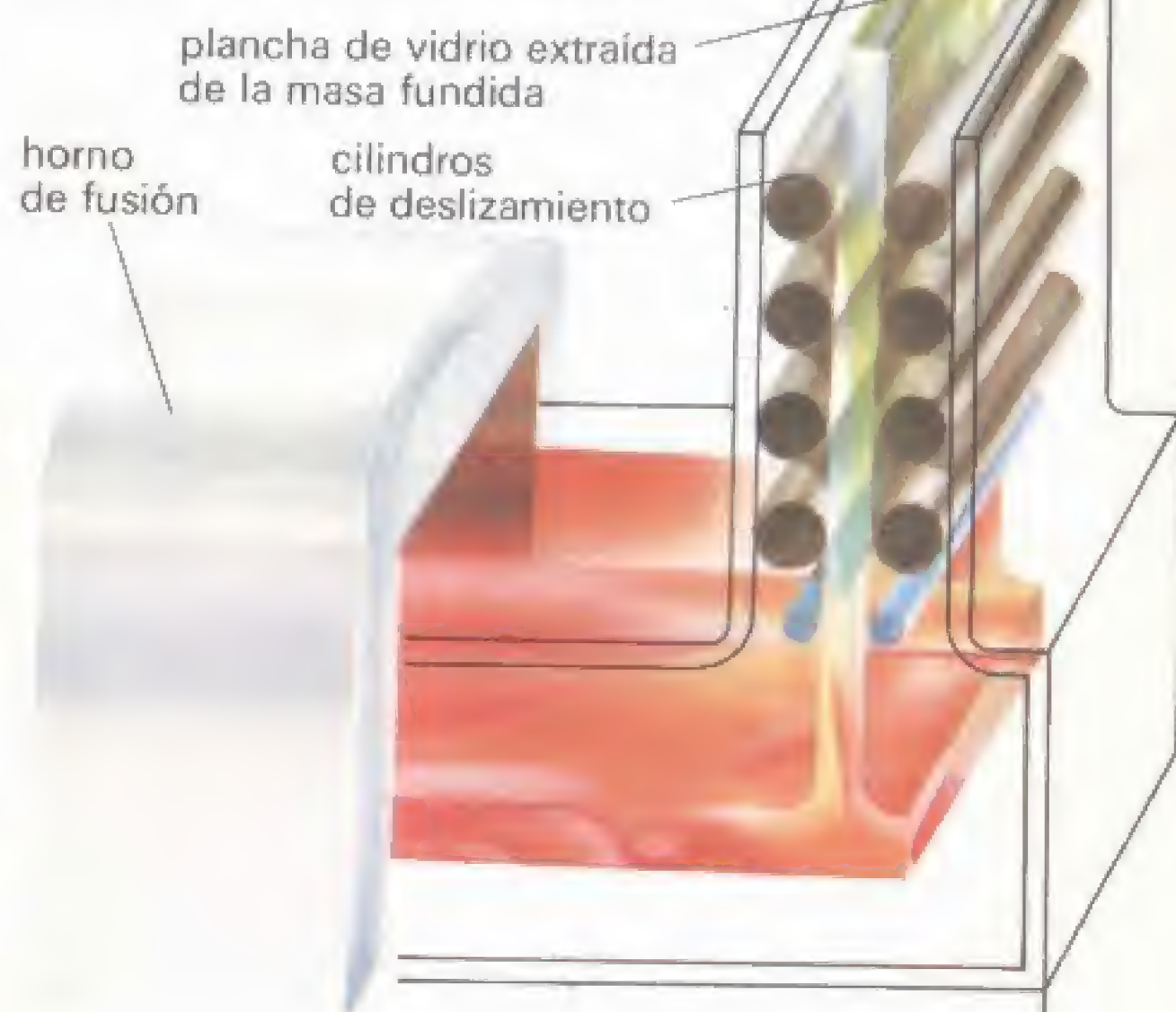
Dos métodos para fabricar uno de los productos de vidrio más comunes: láminas de grandes dimensiones. A la derecha, el proceso por extracción y planchado. En este

proceso, el vidrio pastoso se aspira de un gran tanque utilizando la plancha previamente extraída; ésta, posteriormente, pasa a través de los trenes de rodillos que la aplanan. Una vez

que ha terminado este tratamiento, ya está dispuesta para aplicarle el recocido. Arriba, el proceso Pilkington: a la izquierda, el horno donde se funde el vidrio, en el centro, el

flujo continuo fluido flota sobre cinc fundido donde se forma la plancha, ya bien lisa. Después se enfría ligeramente, se somete a un proceso de recocido y se corta según las medidas.

PRODUCCION DE VIDRIO PARA VENTANAS MEDIANTE EXTRACCION Y PRENSADO

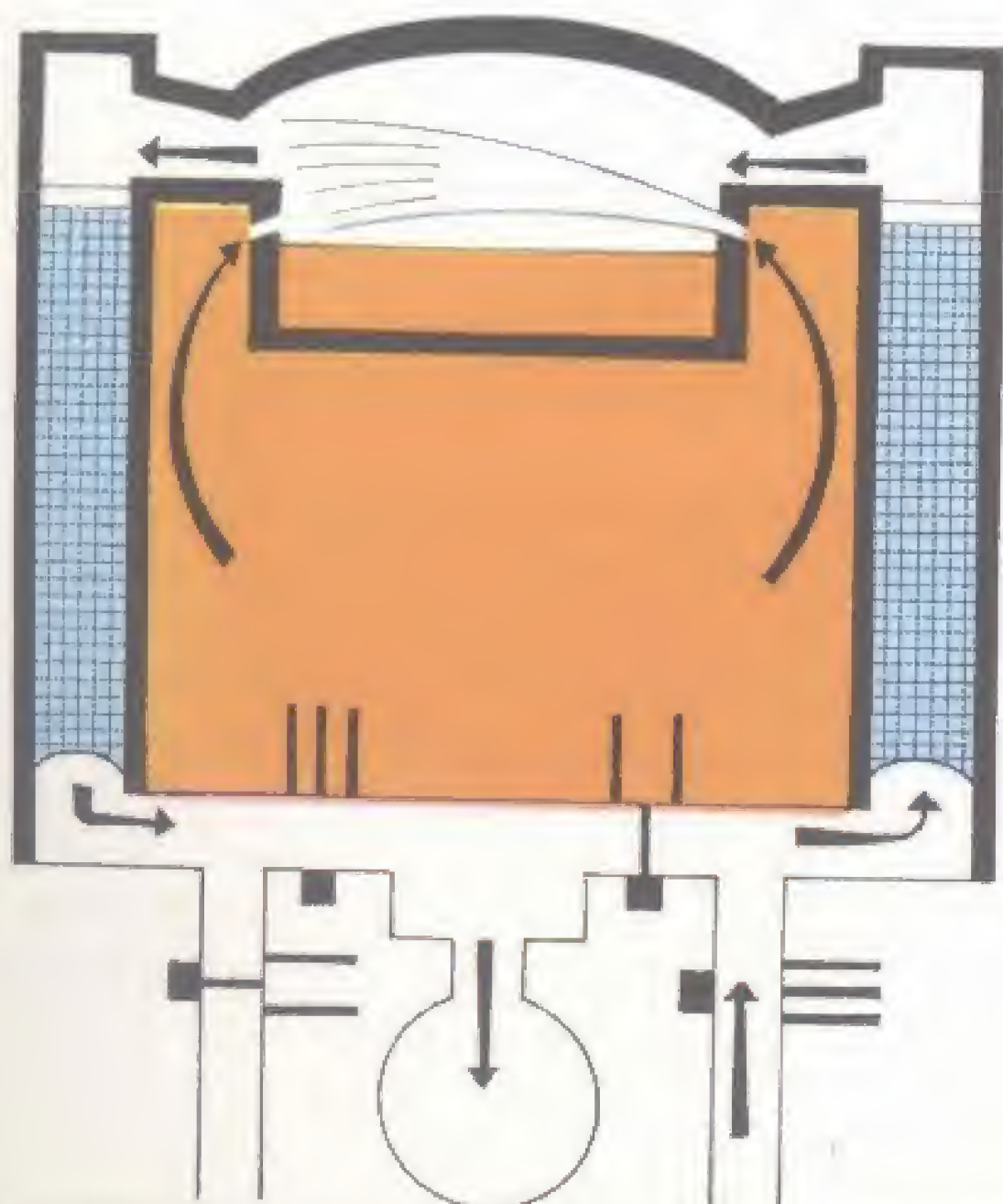
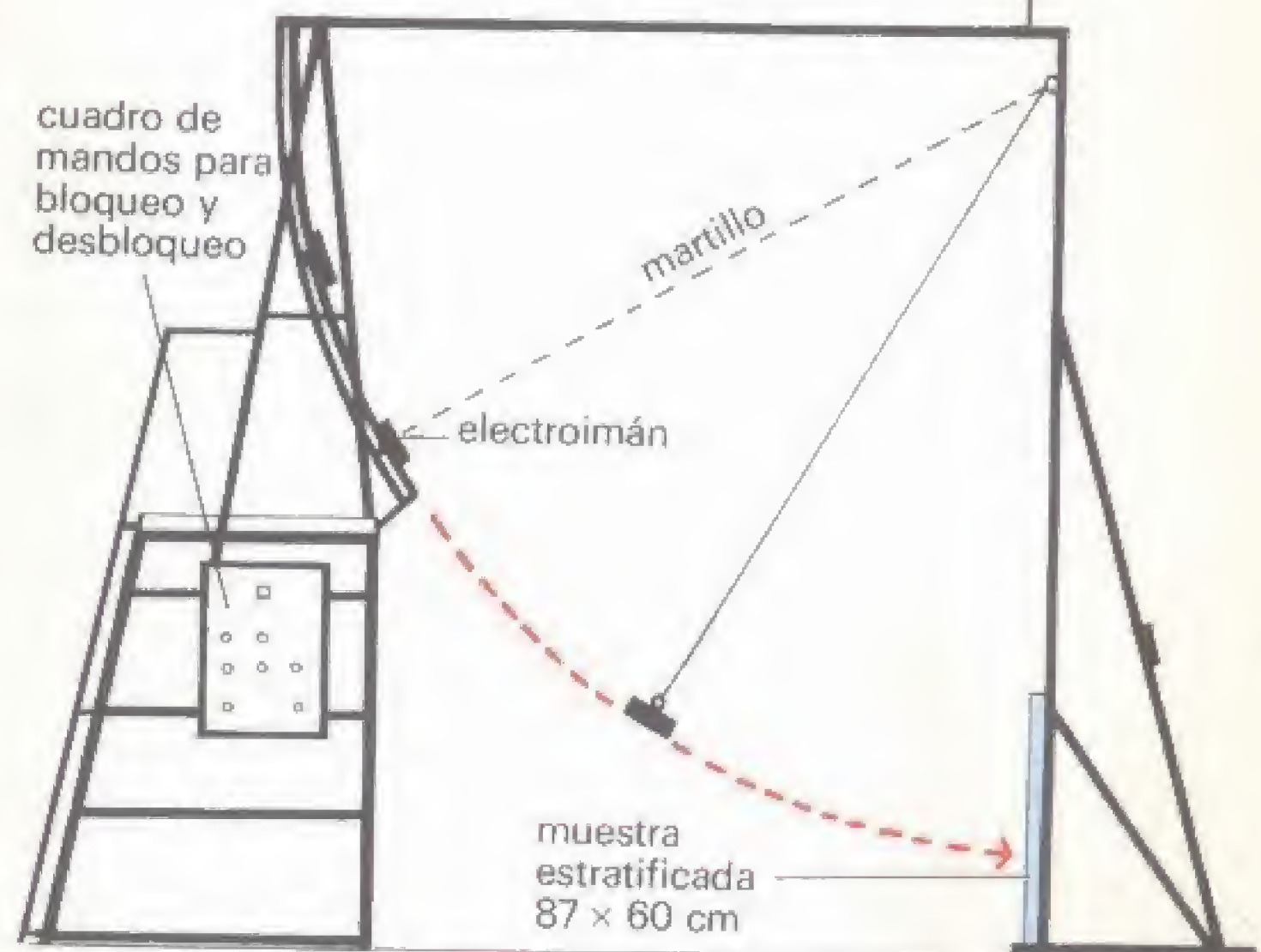


Arriba, estructura del cristal de cuarzo, del cuarzo fundido y del vidrio. En el cuarzo, la disposición de los tetraedros de sílice (que aquí se ven en un solo plano y, por lo tanto, incompletos) es totalmente regular. En el centro, la estructura del cuarzo fundido (y enfriado sin permitir la cristalización) es muy irregular; a la derecha,

además de esta irregularidad, hay también átomos de sustancias extrañas (por ejemplo, boro y sodio) que no sólo provocan irregularidades en el retículo de sílice, sino que además rompen las cadenas. Este hecho se traduce en la mayor facilidad que presentan para romperse por efecto de

la temperatura y por la disminución del punto de fusión. Por esta razón, el boro y el sodio se consideran desde la antigüedad como fundentes del silicio para la fabricación del vidrio. Abajo, horno continuo de fusión del vidrio con recuperación del calor. En lo alto, crisol donde se recoge el vidrio fundido,

con el techo en forma de cúpula para forzar la circulación de los humos producidos en los quemadores (situados en la cámara inferior). Las cámaras porosas laterales son acumuladores del calor de los humos que, si se invierte el flujo, es recuperado. Abajo, la sección circular del conducto que lleva los humos a la chimenea.

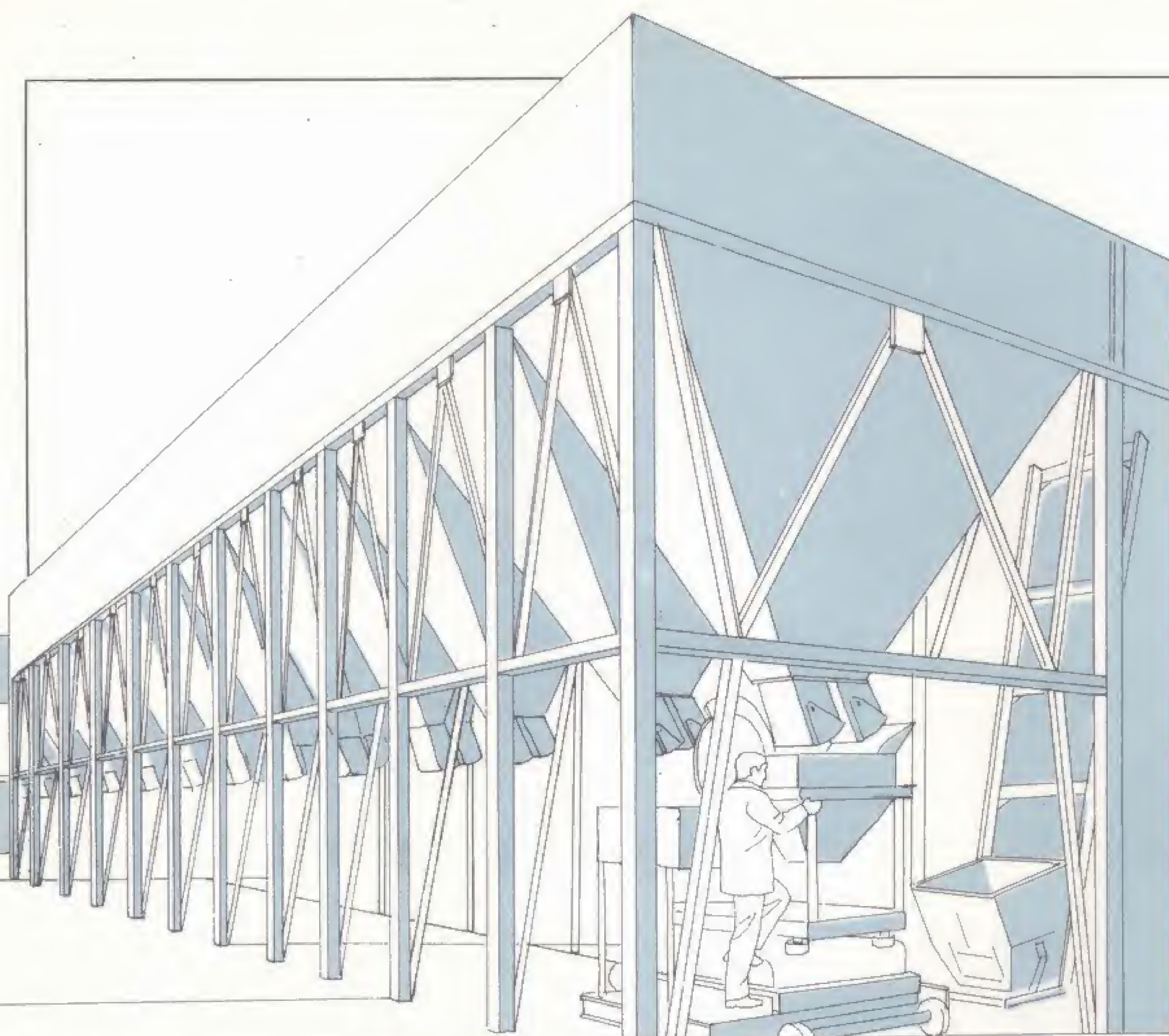


el año 200 a. de C. con la introducción del método del soplado.

Este procedimiento, que fue ampliamente utilizado por los romanos y que todavía hoy se usa, consiste en sumergir un tubo de hierro, de 1,2 a 1,5 m de largo, en el vidrio fundido, que, al estar incandescente, es muy maleable y se adhiere a una prominencia existente en un extremo de dicho tubo; al soplar por la boquilla del extremo opuesto, la masa de vidrio adherida (*posta*) se convierte en una ampolla que, mediante balanceo y rotación del tubo, adquiere formas perfectamente simétricas. El proceso puede perfeccionarse soplando la *posta* dentro de moldes o utilizando una larga varilla de hierro para manejar el vidrio mientras se sopla. En un principio, el soplado se utilizaba para producir vasijas, mientras que las planchas de

Por su estructura con muchos intersticios de dimensiones poco más que atómicos, el vidrio posee muchos puntos en los que, bajo tensión mecánica, se puede producir una rotura. Pero si se somete a un tensado por enfriamiento rápido o si se unen varios vidrios mediante un fuerte adhesivo, se obtiene un producto resistente al choque con el que se pueden construir protecciones

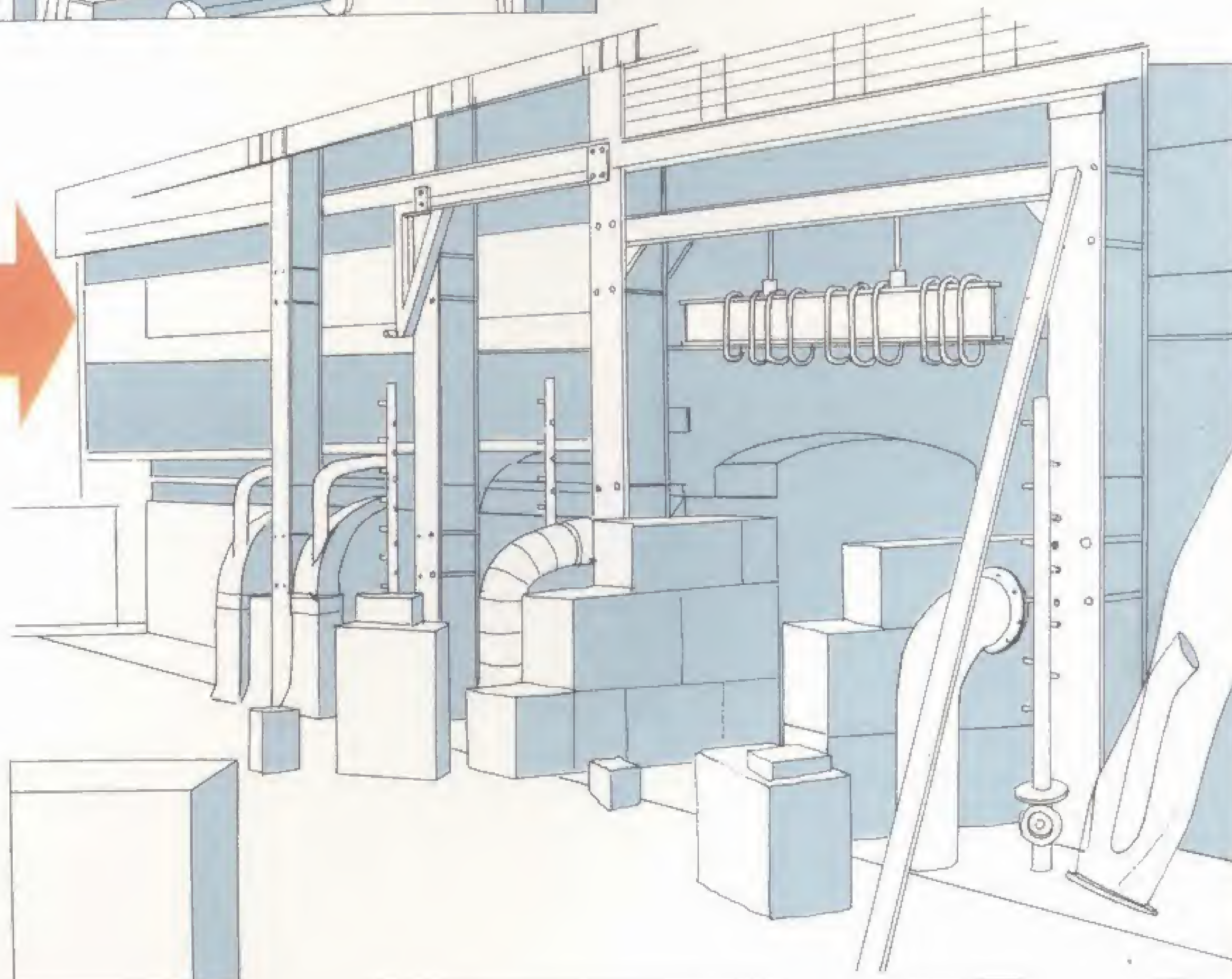
antiproyectiles. El mecanismo de la ilustración sirve para llevar a cabo la prueba de resistencia de las planchas así producidas. Está constituido, esencialmente, por una especie de martillo, de masa y longitud normalizadas, que se deja oscilar, de forma que al chocar contra el vidrio, libera una cantidad de energía, también normalizada.



En la página siguiente, la colada continua del vidrio se deja caer al crisol a través de una abertura. La velocidad de bajada del vidrio pastoso depende de su fluidez y, por lo tanto, de su temperatura. Por eso, en la fase final de la fusión, el control de la temperatura exige una máxima precisión. De hecho, este flujo de vidrio es el que alimenta los moldes de las botellas y, si la dosis no es la correcta, el exceso hay que recogerlo y volver a fundirlo, con lo que se produce un gasto extra de energía térmica. En cualquier caso, el exceso de vidrio se recoge en un depósito de agua donde se desmenuza en gotas fáciles de reciclar en el horno. La gran "lágrima" de vidrio baja de forma que se la hace adherir a las paredes del molde mediante un potente chorro de aire comprimido.

Arriba, las tolvas para cargar el horno con los materiales que se utilizarán para la fabricación del vidrio de una botella común. Aunque el producto es modesto, se tiene que seleccionar perfectamente la materia prima. El componente principal es el cuarzo, al que se le añaden los elementos fundentes: es decir, las sustancias que disminuyen el punto de fusión. A parte de esto, según sea el tipo de botella y, sobre todo, su futuro contenido, es necesario efectuar una depuración o una decoloración. A la derecha, el aspecto más evidente del horno de fusión del vidrio, el material refractario, que recubre sus paredes externas y que es necesario para conservar el calor que se produce en el interior durante la

fusión. Para efectuar el perfecto mezclado del vidrio hace falta eliminar las burbujas que se producen, siendo necesario para ello que la masa incandescente esté lo suficientemente fluida para permitir que éstas puedan salir a flote rápidamente.



vidrio se realizaban cortando una gran hoja de vidrio que luego se laminaba y se pulía. En la Edad Media, el centro de producción de vidrio más importante fue Venecia (Murano). Entre los siglos XVI y XIX, las factorías de vidrio se extendieron por toda Europa.

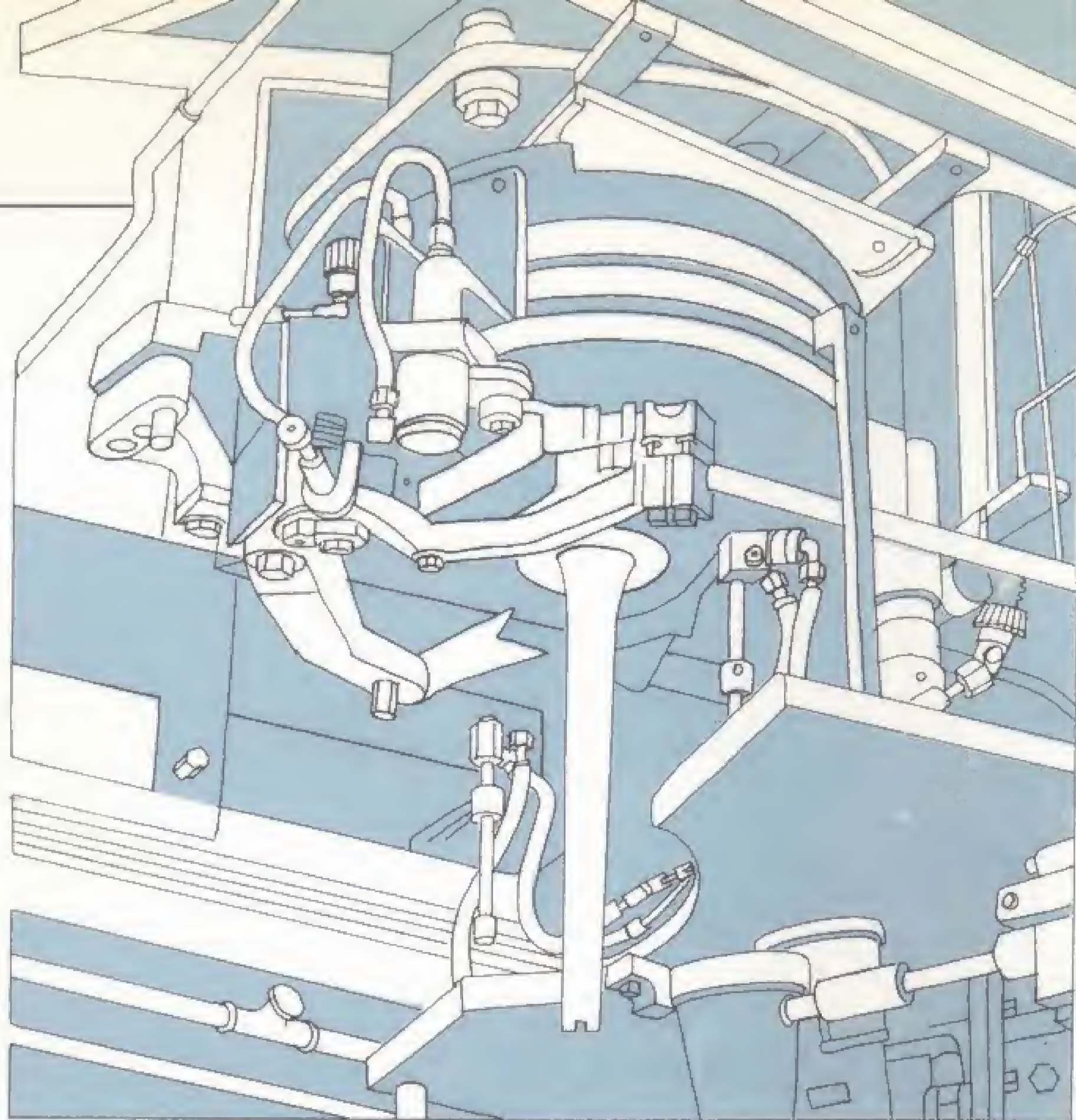
Para la fabricación de la mayor parte del vidrio producido en la actualidad se utilizan hornos de grandes dimensiones (de hasta 9 m de ancho por 45 m de largo), donde se lleva a cabo la fusión de los

elementos vitrificantes (sílice o anhídrido bórico), fundentes (carbonato sódico) y estabilizadores (cal).

En los sistemas de hornos de funcionamiento continuo, esta mezcla vitrificable puede pasar a través de una apertura llamada "garganta" y después fluir a los moldes, de donde se puede retirar para producir planchas de vidrio. Otro método muy extendido para la fabricación de planchas de vidrio en gran cantidad consiste en recoger el líquido directamente

del depósito, utilizando para ello una larga plancha de hierro. El vidrio fundido, que se adhiere al metal, se hace pasar entre dos superficies de enfriamiento. Según se va enfriando, se coge la plancha por los bordes, con unas pinzas, y se envía a la galería de corte.

El procedimiento de flotación es la técnica más importante para el conformado de vidrios planos. Consiste en dejar que la plancha de vidrio, todavía en estado pastoso, flote en un baño de metales fun-



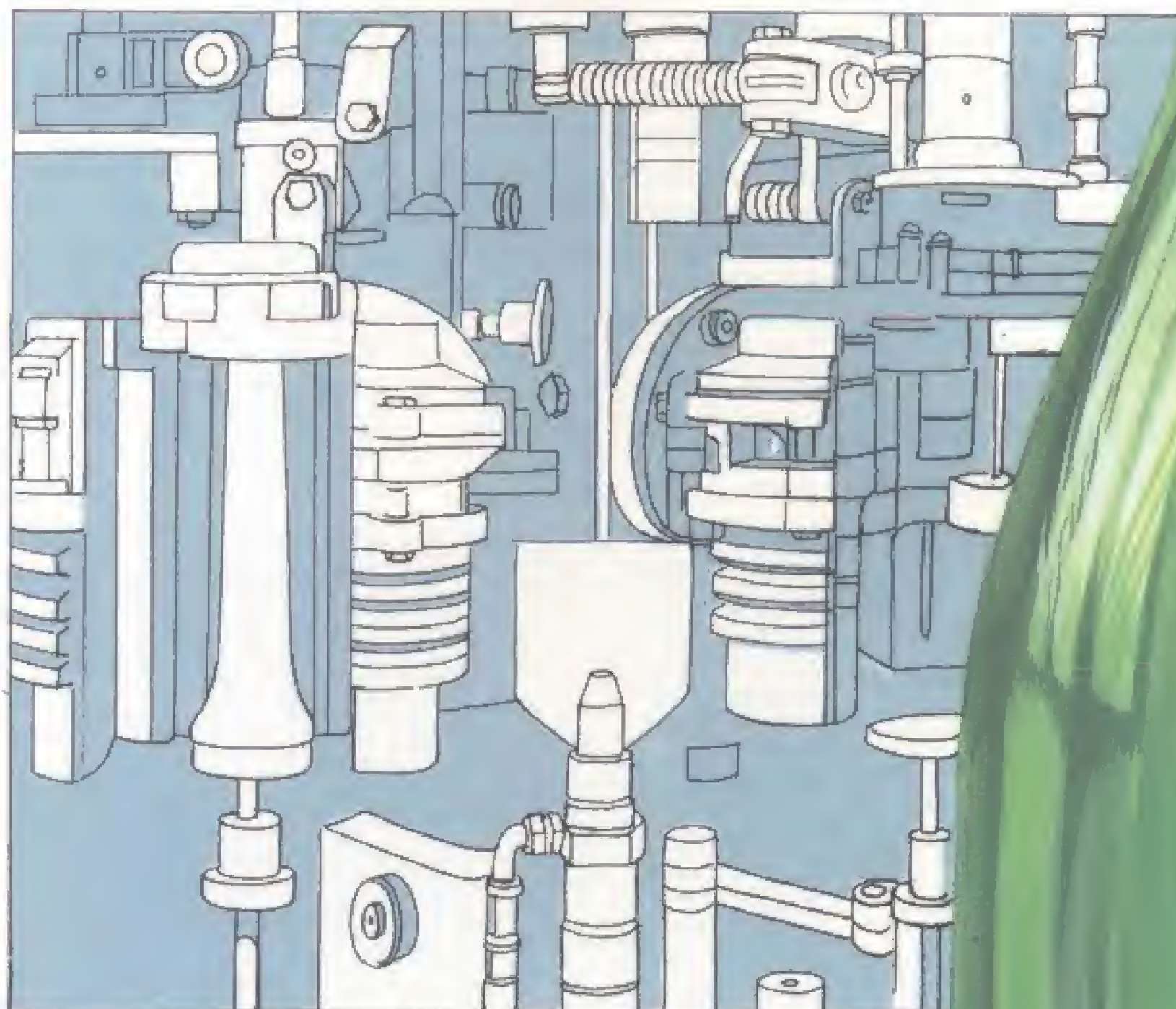
Mediante el método de conformado por aire comprimido se pueden hacer recipientes de vidrio de cualquier forma y medida; además, también es posible fabricar frascos de pequeñas dimensiones, como los utilizados en la industria farmacéutica.

Estos son productos especiales para los que es necesario utilizar un vidrio particularmente puro, elástico y resistente; el producto acabado no debe presentar defectos o burbujas que puedan comprometer su calidad.



El vidrio sale ya bastante rígido, de forma que cuando se abre el molde, el objeto permanece de pie durante el escaso tiempo que es necesario para que vuelva a ser introducido en un segundo molde, que ya

le dará la forma definitiva. Aquí arriba se ven los objetos nada más salir del primer molde; unas pinzas los cogen por el cuello para colocarlos posteriormente en el segundo molde. A la derecha, la segunda fase del moldeado.



didos (generalmente estaño) durante el tiempo suficiente y a una temperatura tal que las irregularidades puedan refundirse, obteniéndose así dos superficies totalmente lisas y paralelas, lo que posibilita su posterior utilización en el campo de la óptica. Los vidrios coloreados se obtienen añadiendo un colorante, que suele ser un óxido metálico. Se pueden obtener superficies decoloradas mediante inmersiones en baños químicos. En caso de que sea necesario un vidrio con una resistencia ex-

cepcional al calentamiento o enfriamiento rápido, o al choque térmico, una mezcla de borosilicato produce el vidrio Pyrex, cuyo mínimo coeficiente de dilatación lo hace casi inmune al choque térmico.

Desde las aplicaciones más comunes hasta las específicas de la tecnología más sofisticada, el vidrio presenta una amplísima gama de aplicaciones comerciales e industriales.

Véase **Cristales y cristalografía; Fundición y colada; Lente**



Viento

La desigual distribución de la radiación solar sobre la superficie de la Tierra genera masas de aire de muy distinta temperatura. En un intento por compensar estas diferencias, el aire se mueve desde las regiones de menor a las de mayor temperatura, tanto más rápidamente cuanto mayores sean las diferencias; de esta forma, se crean *vientos* que se desplazan a lo largo de miles de kilómetros, transportando energía en forma de vapor de agua y contribuyendo a una redistribución del calor sobre el planeta. La diferencia de temperaturas entre las regiones ecuatoriales y polares, junto con el movimiento de rotación de la Tierra, configuran un esquema de vientos a escala planetaria, conocido como *circulación general*, al que se superponen las inevitables perturbaciones causadas por efectos locales.

La circulación general de vientos El intenso calentamiento que experimenta la superficie del planeta en las regiones ecuatoriales da lugar a la formación de un estrecho cinturón de bajas presiones, conocido como *zona de convergencia intertropical* (ZCIT). Esta zona, donde se producen violentas elevaciones de aire y cuya anchura es variable, aunque siempre dentro de unos límites no muy grandes (nunca más de un centenar de kilómetros), está ligada a fuertes tormentas. El vacío provocado por el aire ascendente es ocupado por aire procedente de los trópicos, que, por efecto de la rotación de la Tierra, es desviado hacia el oeste (*efecto*

En la ilustración que figura sobre estas líneas, se puede observar el modelo teórico de la distribución de los vientos a escala planetaria (las flechas de color rosa representan masas de aire caliente, y las azules, de aire frío). La circulación general de la atmósfera se ve perturbada por los

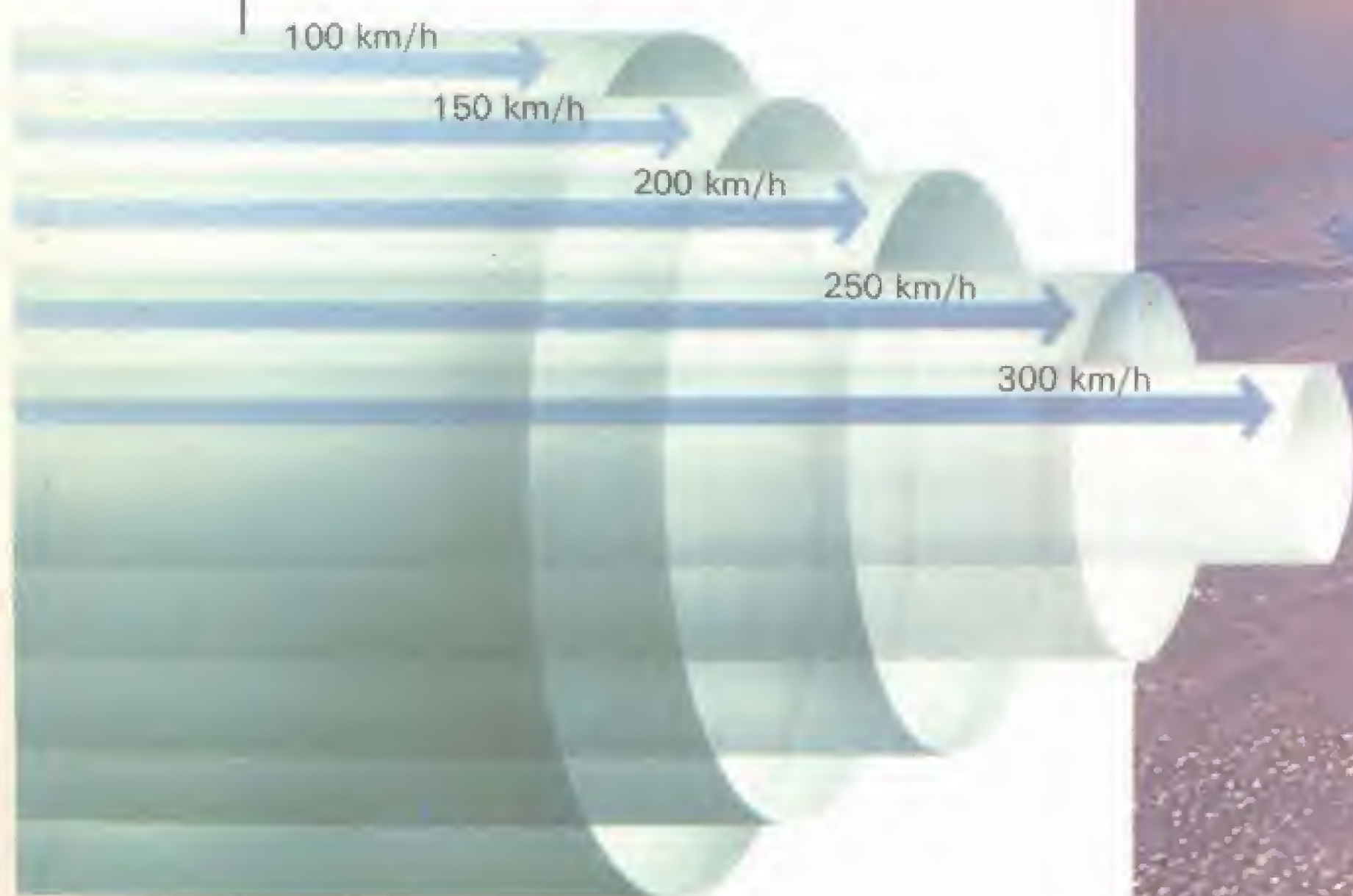
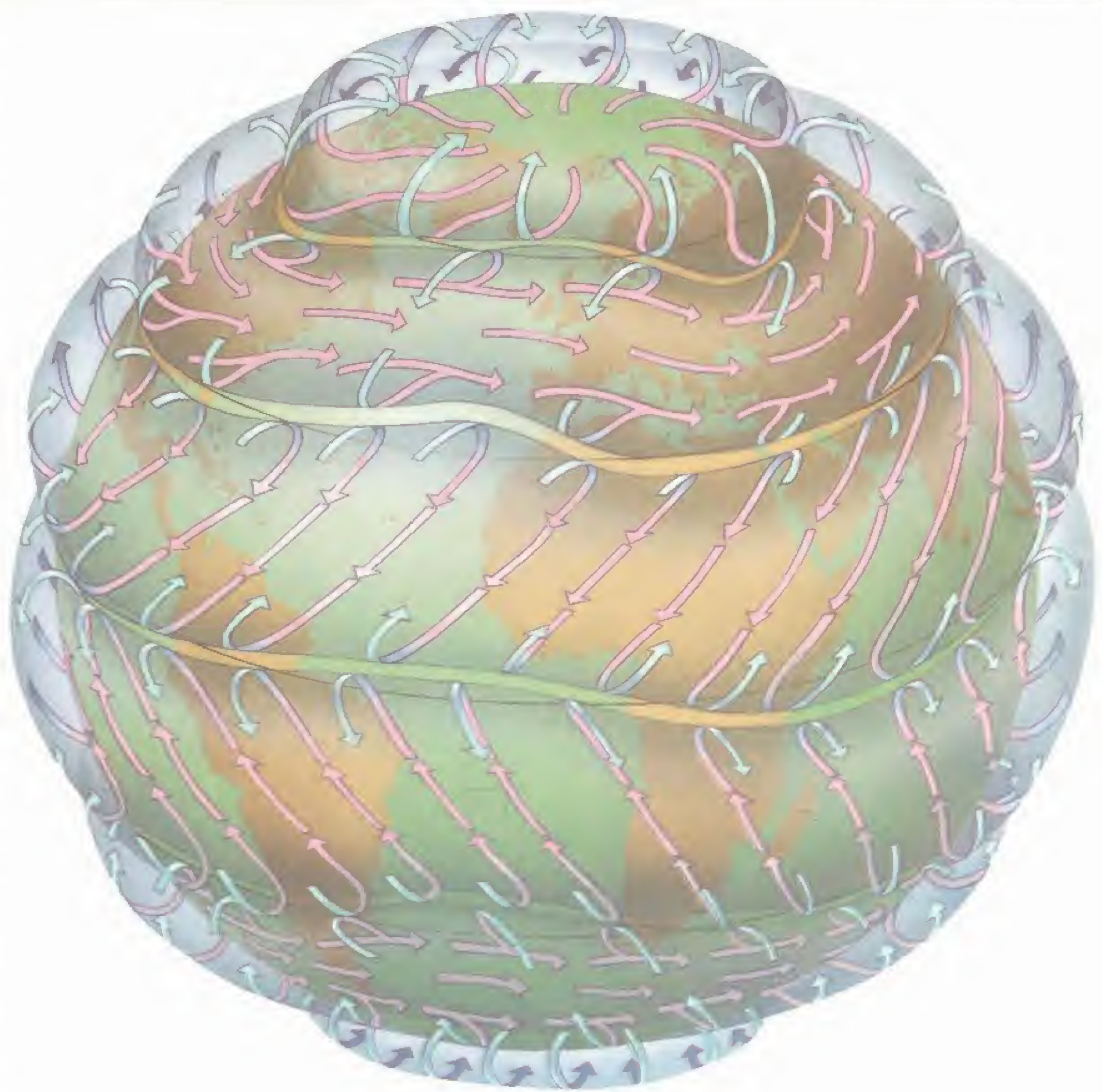
vientos locales, originados por la presencia de montañas, o por el distinto calentamiento de las tierras y de los mares. A niveles altos y en latitudes medias (40-60°) existe una fuerte corriente, conocida como *corriente en chorro*, con vientos que pueden alcanzar

velocidades de más de cuatrocientos kilómetros por hora. Bajo estas líneas, esquema en sección de la corriente en chorro: la velocidad es máxima en el centro, disminuyendo hacia la periferia; su anchura es de sólo unos pocos cientos de kilómetros, y su dirección oeste-este. En la

fotografía, tomada desde satélite, se observa una corriente en chorro sobre el mar Rojo y el valle del Nilo, a una altura comprendida entre los 10.500 y los 13.500 metros. Este tipo de vientos va, en general, acompañado de nubes cirriformes, como se aprecia en la foto. El viento en los

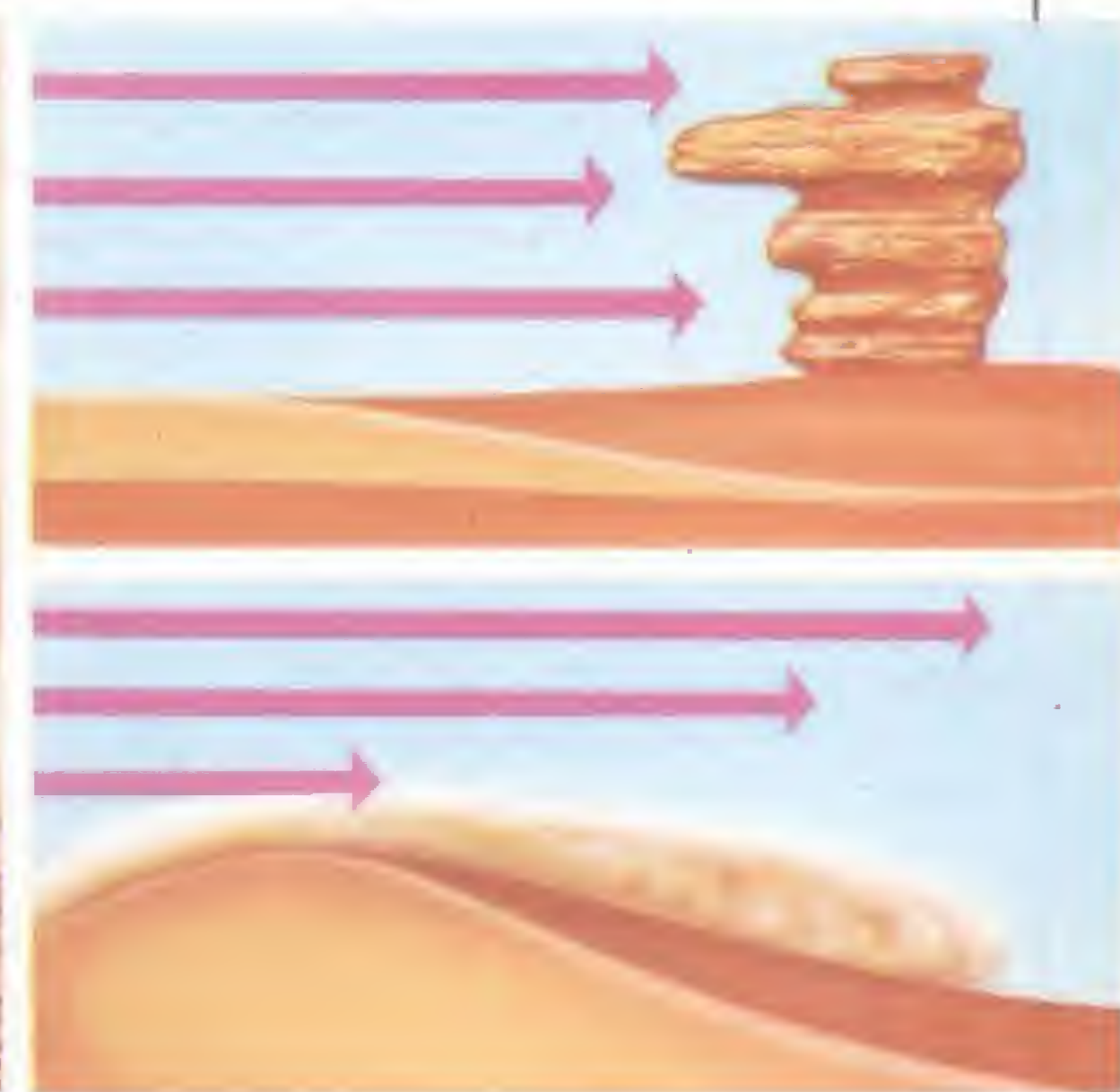
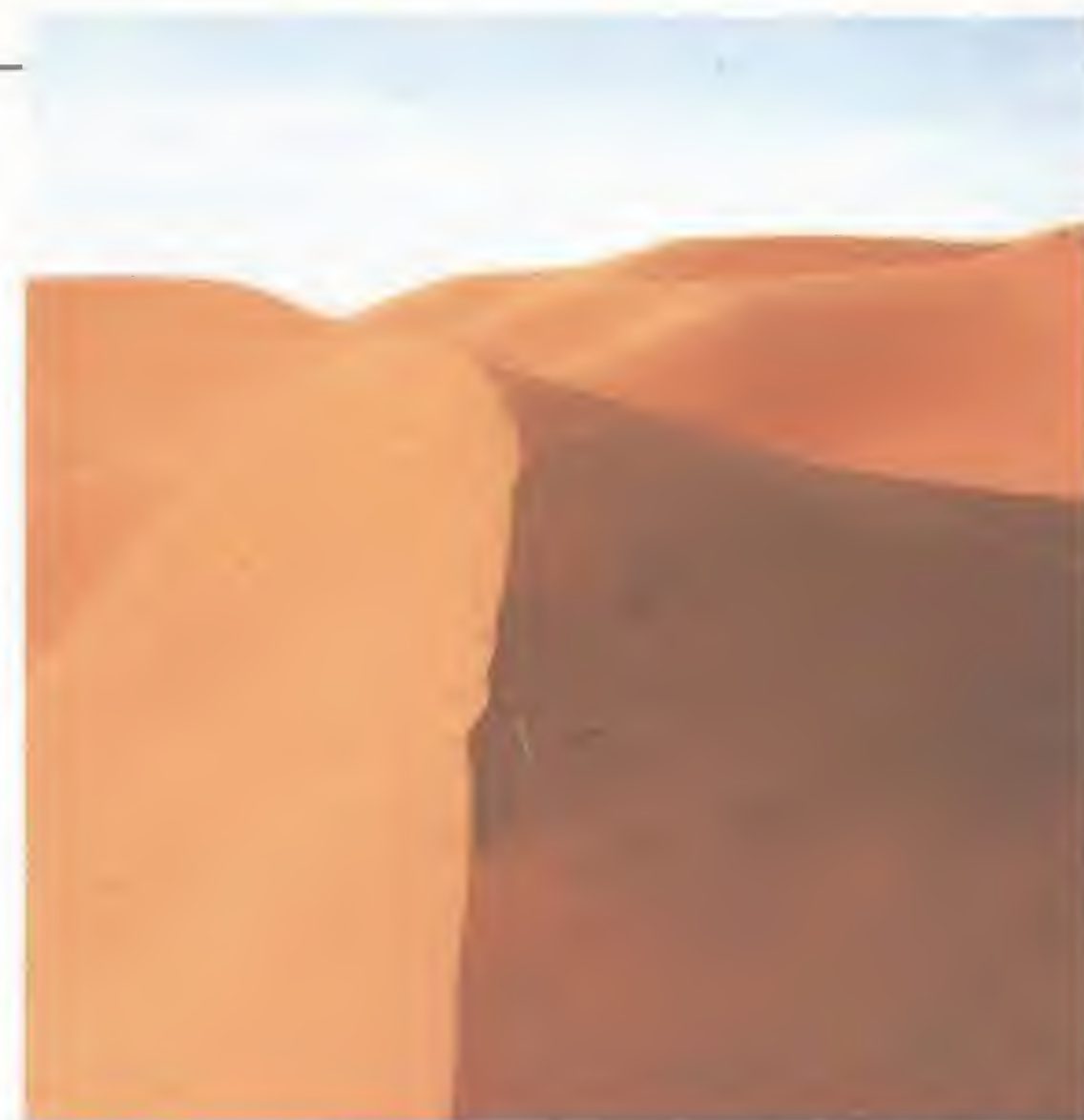
desiertos (imágenes de la página siguiente) desempeña un doble papel: por un lado, erosiona las rocas reduciéndolas a arena. por otro, actúa como transporte de los fragmentos procedentes de la erosión. En ocasiones, el transporte de fragmentos, originado por sistemas de bajas

presiones, se realiza de forma violenta, provocando las temibles tormentas de arena tan características de las zonas desérticas. De acuerdo con la forma y la orientación que adquieren las dunas de arena, puede establecerse la dirección del viento dominante que las ha formado.



de Coriolis). Se establece así un esquema permanente de vientos entre, aproximadamente, los 25° N y los 25° S alrededor de todo el globo, con dirección suroeste y noroeste, que convergen en la ZCIT. Estos vientos se denominan *alisios*.

Alrededor de los 30° de latitud se encuentra, en ambos hemisferios, un cinturón de anticiclones o área de altas presiones. Estos anticiclones tropicales se caracterizan por la ausencia de vientos y de humedad en el aire. Bajo este cinturón anticiclónico de cielos despejados se hallan los grandes desiertos. A latitudes más altas, entre los 30° y los 60°, existe una ancha banda donde los vientos dominantes son zonales y del oeste, aunque la distri-

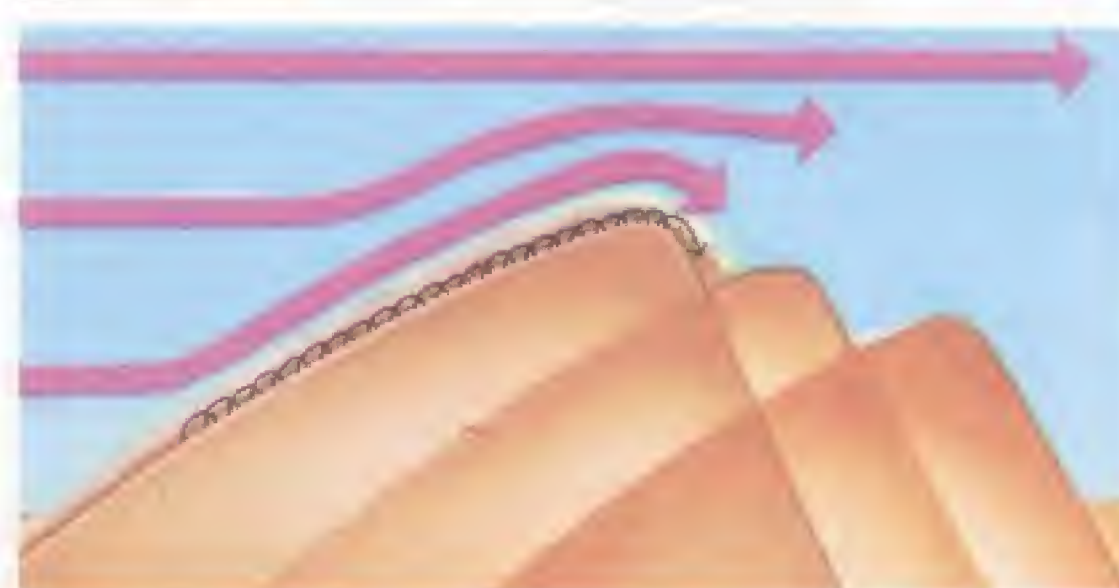


bución de tierras y mares y la orografía inducen fuertes variaciones, tanto en la dirección como en la fuerza, adoptando con frecuencia una forma ondulada y transportando frentes de lluvias. Dentro de este sistema de vientos del oeste de latitudes medias, existe una fuerte corriente en los niveles más altos de la troposfera, dirigida también hacia el este y denominada *corriente en chorro*. Su fuerza es tal, que las líneas aéreas comerciales se interesan por conocer su situación exacta cada día, con el fin de introducirse en su interior, en los vuelos hacia el este, o alejarse de ella, cuando vuelan hacia el oeste. De esta manera consiguen un considerable ahorro energético.

En las regiones polares, finalmente, los vientos generales están dirigidos hacia latitudes más bajas. Sobre los casquetes existen masas de aire frío y pesado que se desplazan con una ligera componente del este hacia regiones más cálidas. Mientras que los vientos de latitudes medias llegan a alcanzar velocidades muy altas, los vientos polares y los alisios son, generalmente, bastante débiles.

Vientos locales Reciben esta denominación los vientos que actúan sobre áreas más pequeñas que las afectadas por los vientos de la circulación general. Su origen está asociado a la orografía del terreno sobre el que se forman. Se clasifican atendiendo a las causas que los producen,

pudiendo establecerse dos importantes grupos: vientos de costa y vientos de valle y montaña. Los primeros, denominados comúnmente *brisas marinas*, se desarrollan como resultado del desigual calentamiento de la tierra y del mar, y tienen, pues, un período diario: durante el día se dirigen desde el mar a la tierra, y durante la noche en sentido contrario, con períodos de calma precisamente al anochecer y al amanecer.



En los vientos de valle y montaña, el mecanismo es similar al anterior. Durante el día el aire de los valles se calienta y asciende por las laderas hasta formar los característicos cúmulos en las cimas. Por la noche el proceso se invierte y el aire frío y pesado se desploma, almacenándose en los valles cerrados.

Dirección y velocidad del viento La dirección del viento se determina comúnmente mediante la llamada *rosa de los vientos*. Se trata de un círculo con divisiones que hacen referencia a los puntos cardinales. Cuando se requiere mayor precisión, se usa una escala dividida en grados sexagesimales, comenzando por el norte (36°) y dirigida en el sentido de las agujas del reloj. La velocidad se expresa en metros por segundo, kilómetros por hora o nudos, y se mide con la ayuda de un *anemómetro*. Durante mucho tiempo se ha utilizado la *escala estimativa de Beaufort*, que consta de doce grados, definiéndose cada uno en función de los efectos observables sobre la Naturaleza.

El conocimiento preciso de la dirección y velocidad del viento es de fundamental importancia en la elaboración de mapas meteorológicos, y el estudio de su evolución es un dato básico en los programas de los potentes ordenadores encargados de la predicción del tiempo.

Véase **Atmósfera; Clima; Energía eólica; Meteorología, previsión; Tiempo atmosférico**

Vigas

El hombre ha construido puentes durante todas las épocas, incluso antes de las denominadas épocas "históricas".

Los primeros maestros en este aspecto fueron, sin duda, los romanos, famosos por la construcción de una amplia red de puentes y acueductos de piedra, muchos de los cuales aún prestan servicio. En particular, los romanos, debido a los materiales de que disponían, usaban la forma de arco para salvar vanos importantes.

Con el desarrollo de la fabricación del hierro, se comenzaron a construir puentes metálicos que, al principio, conservaban el arco, pero que después, con el descubrimiento de las propiedades del nuevo material, dejaron paso a la viga como forma estructural.

Las vigas son elementos de directriz recta que transmiten las cargas a sus apoyos por medio de la flexión.

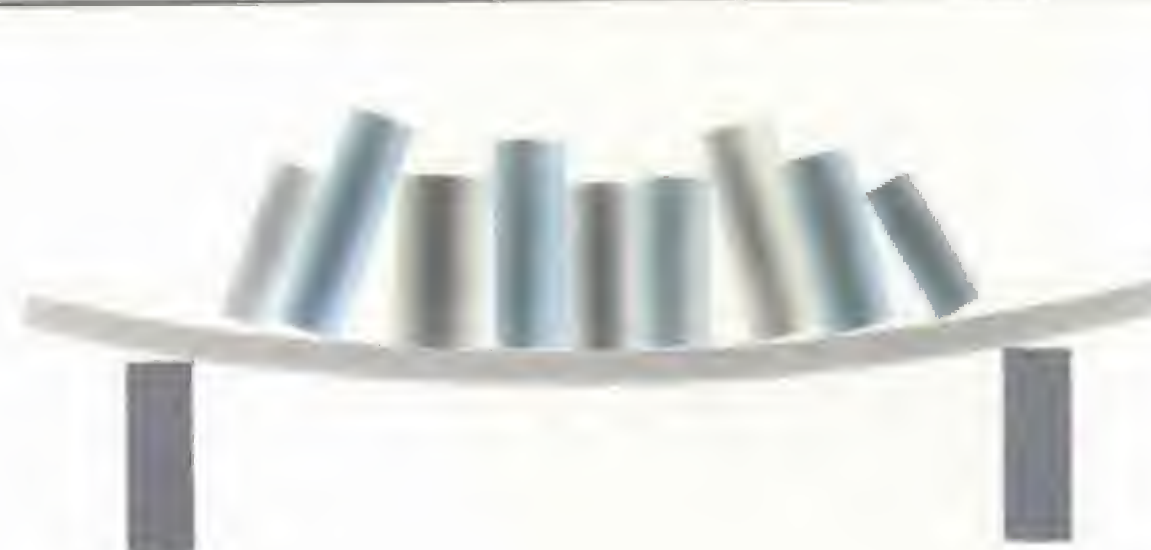
Como ningún material es completamente rígido, la viga tenderá, aunque moderadamente, a flexionarse, de modo que si ésta se encuentra apoyada en sus dos extremos y sometida a cargas gravitatorias, la mitad superior se comprimirá y la inferior se traccionará. Así pues, los materiales que se utilizan para su fabricación tienen que soportar esfuerzos de tracción y de compresión. En este sentido, la aparición del acero de construcción, con su elevada resistencia a la tracción, constituyó un progreso notable con respecto al hierro de fundición, y permitió realizar las grandes luces de los puentes modernos.

En las vigas de hormigón armado y de hormigón pretensado, la misión de resistir las tracciones también se encomienda a elementos de acero en forma de barras y cables embebidos en el hormigón.

Aplicaciones Las vigas han encontrado su aplicación más espectacular en la construcción de puentes. El Forth Rail Bridge, construido en Escocia en 1890, es el primer puente completamente hecho de acero. Es del tipo "cantiléver" (voladizo), llamado así porque de los apoyos centrales parten grandes ménsulas (vigas voladas empotradas en uno de sus extremos y libres en el otro) en celosía que se unen mediante tramos horizontales que se apoyan en otras ménsulas.

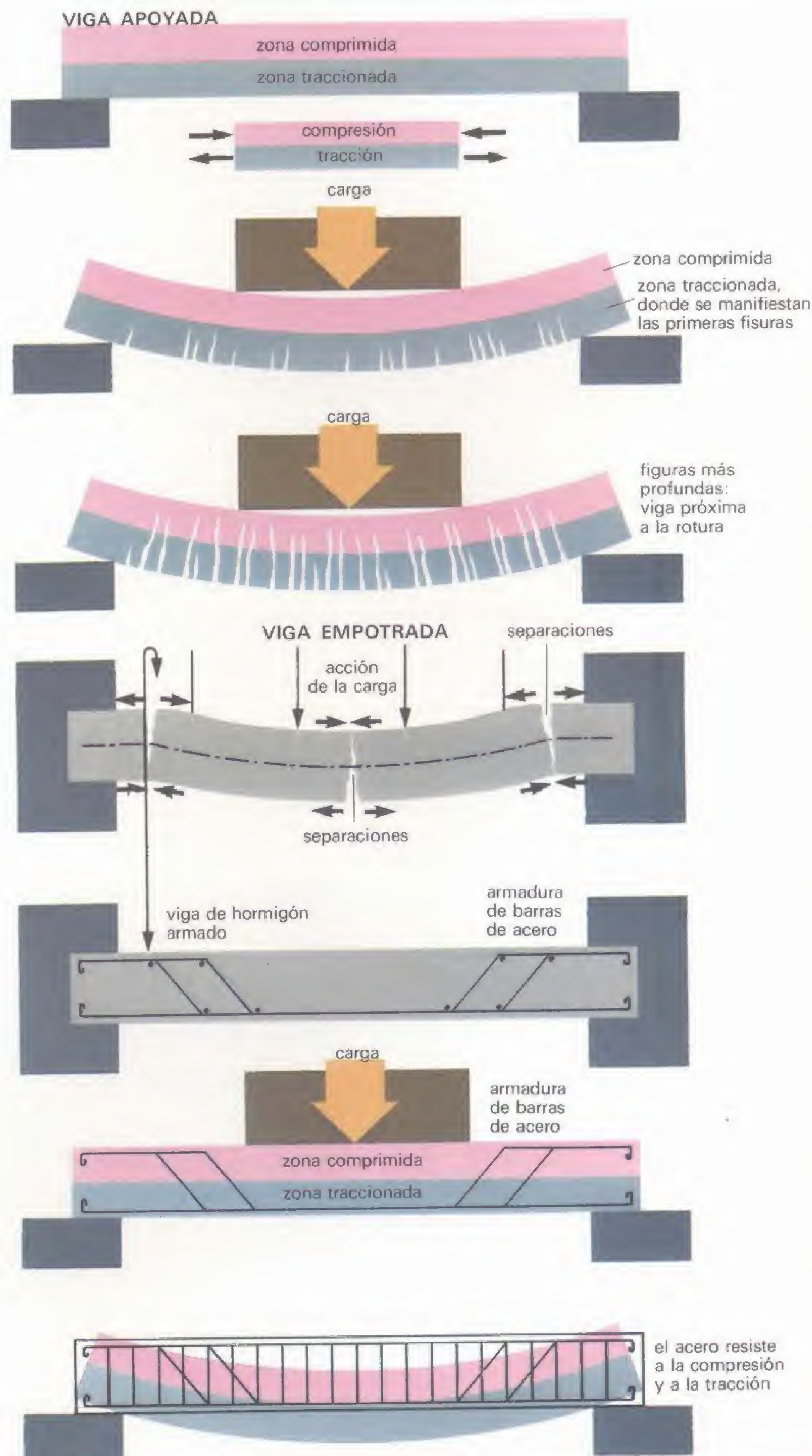
Las luces conseguidas por este sistema, de 521 metros cada una, tienen unas medidas cercanas al récord actual.

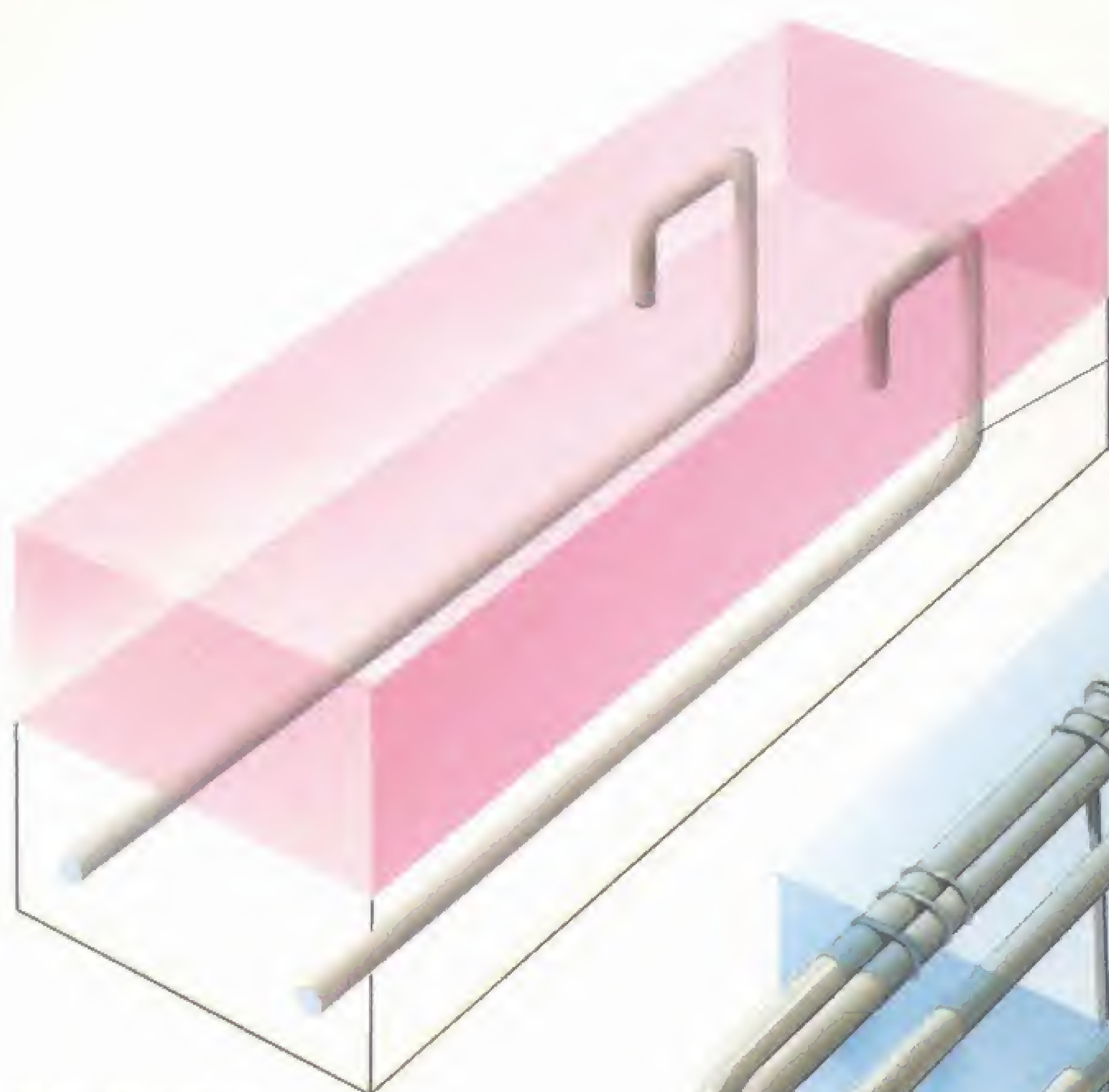
Otro puente ferroviario, el Quebec Bridge sobre el río S. Lorenzo, empezó a construirse en 1904 y se proyectó para conseguir una luz de 550 metros. Se construyó sin incidentes, pero se hundió inmediatamente después de acabarlo, con un balance de 20.000 toneladas de acero hundidas en el río y 75 obreros muertos. La investigación posterior determinó que el desastre se debió a errores en el cálculo de pesos y esfuerzos y a un ensamblaje defectuoso de las distintas partes. En el nuevo proyecto y construcción se hizo que la parte central flotara en el río para colocarla en su posición, sujetarla a los extremos de las vigas y levantarla una vez en su si-



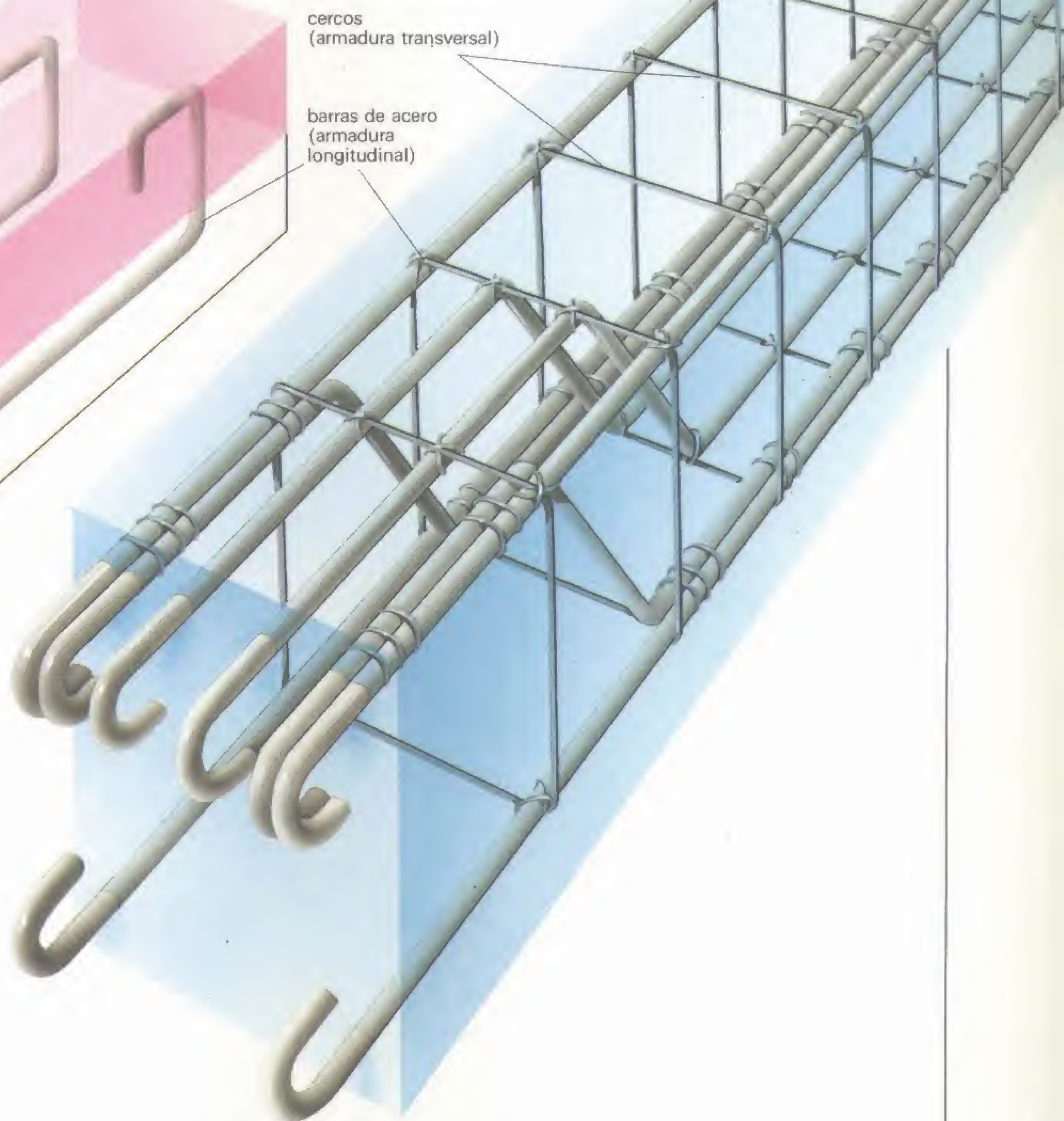
A la izquierda, un ejemplo muy simple de viga apoyada en sus extremos: el estante de una librería. Debajo, los esfuerzos a los que está sometida una viga de cemento armado y la forma de absorberlos mediante la armadura de acero. En el primer dibujo, la viga apoya en sus extremos; en el segundo y tercero,

la viga se fisura por la parte inferior donde sufre tracción. Más abajo, en el caso de una viga empotrada en sus extremos, se tiene tracción también por arriba, cerca de éstos: se puede evitar la rotura con armaduras perpendiculares a las posibles fisuras. Finalmente, el plano de armaduras con cercos transversales.





Armadura del extremo de una viga que se colocará empotrada. La armadura principal es de redondos de acero gruesos situados en la dirección de la viga. En la parte inferior son más numerosos que en la superior porque tienen que resistir un esfuerzo de tracción mayor. Pero en las proximidades del extremo ascienden para protegerla en la parte superior, más sometida a la tracción. Esta concentración de hierros en el extremo de la viga absorbe otros esfuerzos a los que también está sometida.



cercos
(armadura transversal)

barras de acero
(armadura longitudinal)

tio. Esta vez cedió una parte de la estructura de levantamiento y la parte central del puente se soltó y cayó al río. Un año más tarde se construyó una sección nueva, que se instaló sin accidentes. El puente se inauguró finalmente en 1918, y actualmente sigue en servicio. Continúa siendo el puente con mayor luz de los puentes de salto, aunque actualmente se podrían construir puentes con luces mayores (de hasta 762 metros) gracias a la resistencia de los modernos aceros de construcción. Otros puentes de vigas conocidos son el Queensboro, en Nueva York, acabado en 1909, con una luz de 360 m, y el puente de la bahía de San Francisco-Oakland (1936), en parte de salto y en parte de estructura colgante, con una luz de 426 metros.

Los puentes con vigas tienen la ventaja de que la luz principal se puede cons-

truir mediante un proceso continuo, a partir de la estructura que ya está anclada. En otros tipos de puentes es necesario construir una estructura provisional, para sujetar las partes que no son autoportantes, antes de completar la obra.

Las vigas también se utilizan ampliamente en la construcción y en algunas máquinas, como las grúas, que se emplean para transportar objetos pesados a través de espacios vacíos, como en el caso de arsenales y acerías. Igualmente se utilizan en la construcción de grandes edificios, como los teatros, donde posibilitan la realización de zonas voladas sin pilares que impidan ver a los espectadores de la zona inferior, así como en la construcción de cubiertas de espacios diáfanos, donde a menudo es preferible un salto único a la existencia de pilares intermedios. Esta es una característica fundamental a la hora

de construir hangares para aviones. Normalmente se emplean vigas en voladizo en la construcción de balcones y de corredores cubiertos de edificios. La aplicación más avanzada del principio de flexibilidad la constituye la estructura de las alas de los aviones modernos, donde las condiciones de carga habituales pueden invertirse; en efecto, durante el vuelo, el ala ha de soportar grandes esfuerzos de compresión sobre la cara superior y de tracción sobre la inferior. Cuando el avión está en tierra, sin embargo, el ala tiene que soportar una inversión de esta situación de esfuerzos, producidos por su propio peso, que traccionan la cara superior y comprimen la inferior.

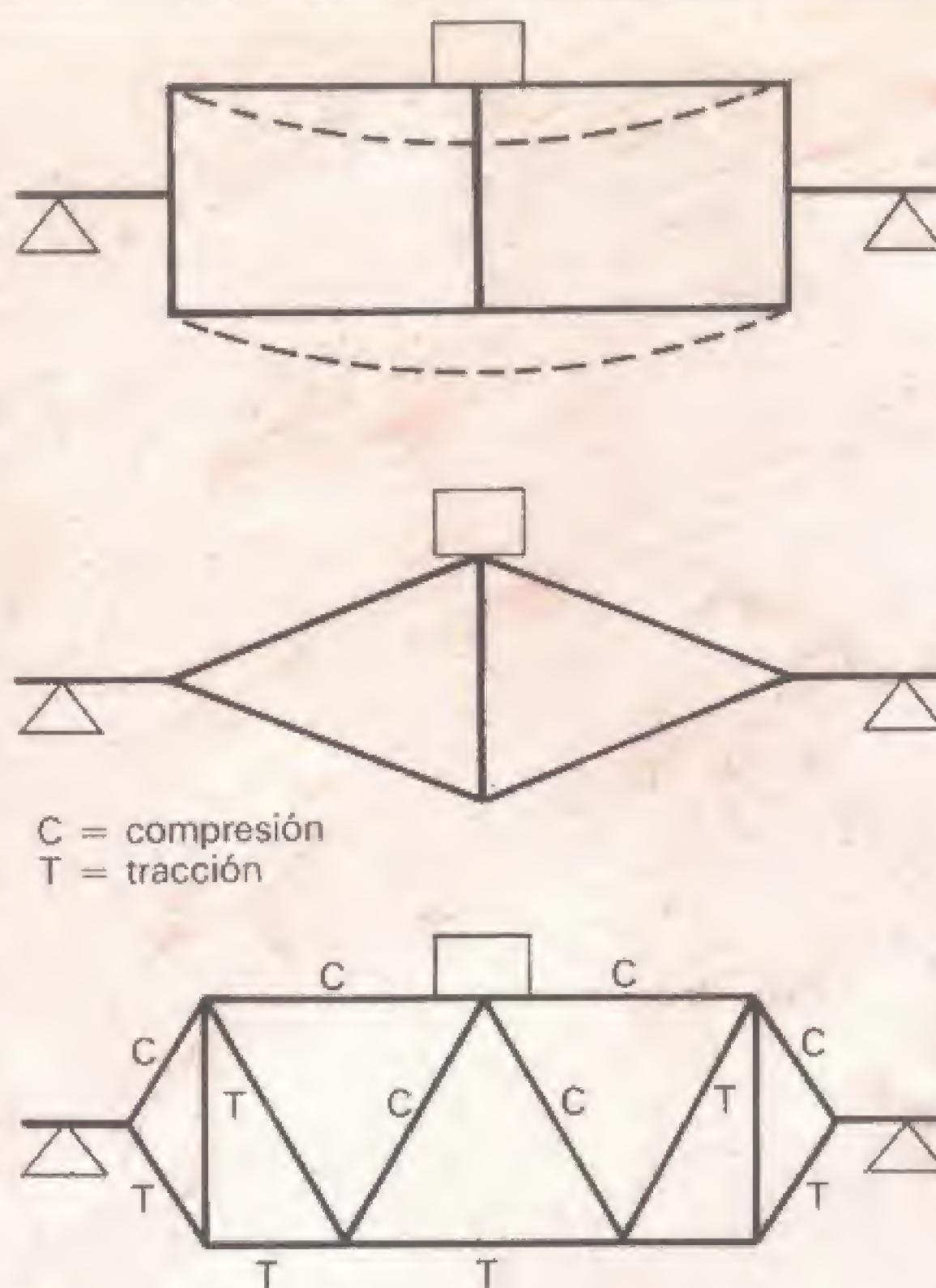
Véase **Puente; Vigas en celosía**

Vigas en celosía

Mucha gente se preguntará, al ver alguno de los grandes puentes construidos por el hombre, cómo es posible que pueda resistir el paso de los vehículos pesados que lo atraviesan a diario. Uno de los secretos para que los puentes sean tan resistentes está en la utilización de vigas en celosía, estructuras de soporte basadas en la propiedad de indeformabilidad de los triángulos, que se emplean también en la construcción de cubiertas para soportar cargas pesadas.

La primera viga en celosía data de la Edad de Bronce, de aproximadamente 2.500 años antes de Cristo, y estaba construida en madera. Las vigas en celosía desempeñaron un papel fundamental en la arquitectura medieval, donde se utilizaron para construir las cubiertas de las grandes catedrales. Andrea Palladio, arquitecto italiano del siglo XVI, escribió varios libros que tuvieron mucha influencia en el desarrollo de este tipo de estructuras. En el siglo XVIII, se empezaron a utilizar vigas en celosía de fundición y, en el siglo siguiente, de hierro y acero, para muchas otras aplicaciones. Un ingeniero americano, Squire Whipple, publicó varios tratados científicos sobre este tipo de estructura hacia la mitad del siglo XIX; veinte años más tarde, en Alemania, August Ritter analizó las aplicaciones de la viga en celosía simple; el físico inglés James Clerk Maxwell y el alemán Christian Mohr publicaron simultáneamente, hacia finales del siglo XIX, importantes trabajos sobre las vigas en celosía y su desarrollo.

Construcción y utilización La viga en celosía está formada por un triángulo o



una serie de triángulos situados en un mismo plano. Si es metálica, puede estar soldada, atornillada o remachada. Se pueden distinguir las siguientes partes: 1) las viguetas superior e inferior; 2) los elementos verticales y diagonales, o elementos de celosía, entre los que se encuentran: a) tirantes y placas de apoyo, b) barras y puntales, elementos estructurales pensados para soportar cargas dirigidas longitudinalmente, c) pilares, o elementos verticales y d) falsos puntales, o elementos paralelos.

A la izquierda, tres ejemplos de vigas en celosía simples. Los triángulos de los extremos representan los puntos de apoyo de las vigas, donde descargan su peso. Los rectángulos del centro simbolizan la carga que se apoya en la viga y el peso de ésta. Al proyectar la viga, el ingeniero tiene que conocer los distintos esfuerzos que traccionan y/o comprimen cada tramo

recto de ésta. Además, es necesario saber si existen esfuerzos de torsión en los puntos de confluencia de los elementos rectos. Las respuestas a estas cuestiones se obtienen mediante la resolución de un complejo sistema de ecuaciones lineales, con igual número de incógnitas, en algunos casos, que se puede resolver fácilmente mediante la utilización de un ordenador.

La carga que tiene que soportar la viga se coloca, normalmente, de forma que la mayor parte del peso caiga en un punto de intersección entre la vigueta superior y un elemento de celosía.

La ventaja de la viga en celosía radica, gracias al ingenioso principio en el que se basa, en que la carga se distribuye a lo largo de toda su longitud, y proporciona una sujeción mejor que una viga maciza, más pesada. Este tipo de vigas tiene una gran aplicación en arquitectura, donde se utiliza para sujetar tanto techos como suelos.

En ingeniería, las vigas en celosía se utilizan por parejas para construir puentes que, dependiendo del proyecto, aguantan las cargas aplicadas tanto sobre la parte superior como sobre la inferior. Son los llamados, respectivamente, puentes de tablero superior y de tablero inferior.

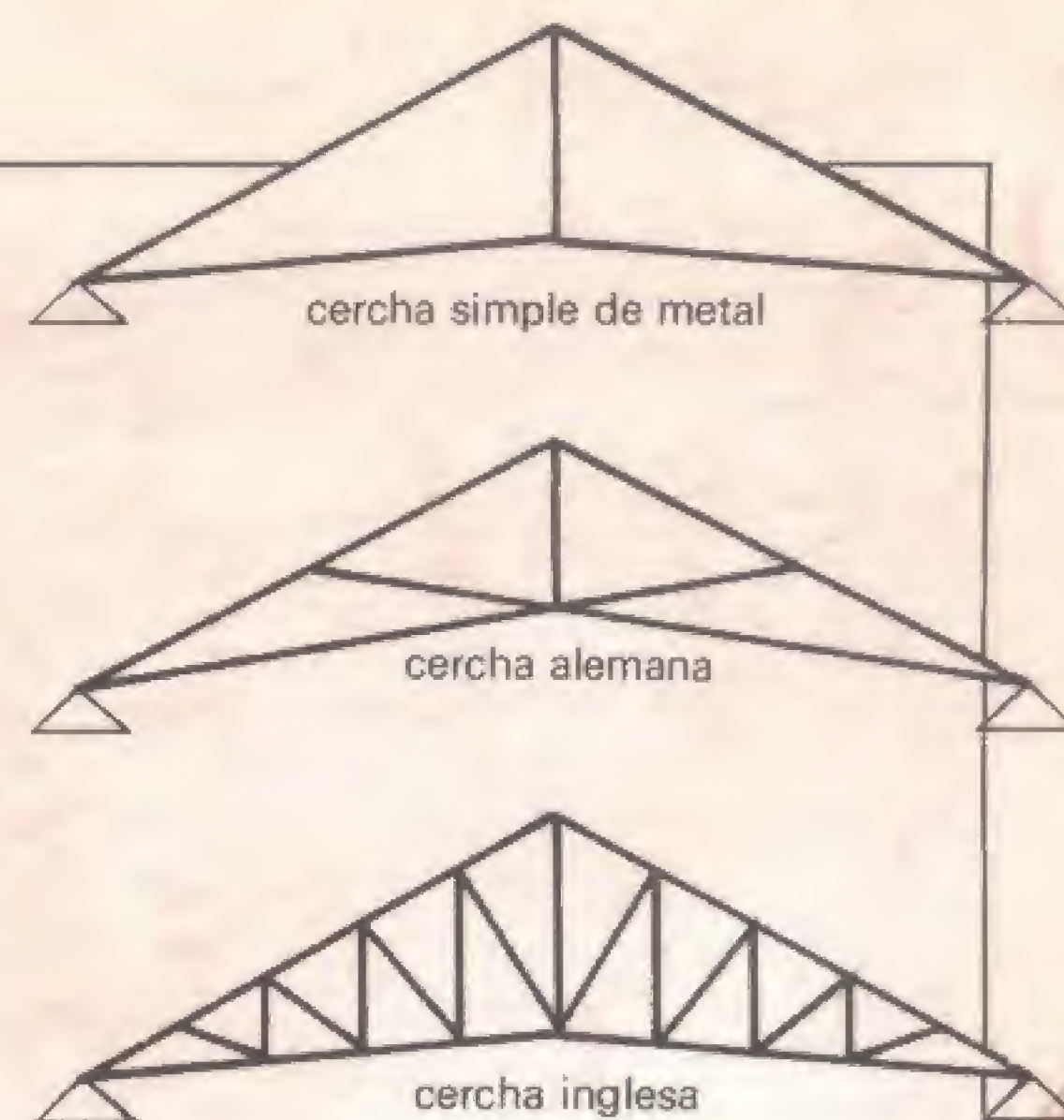
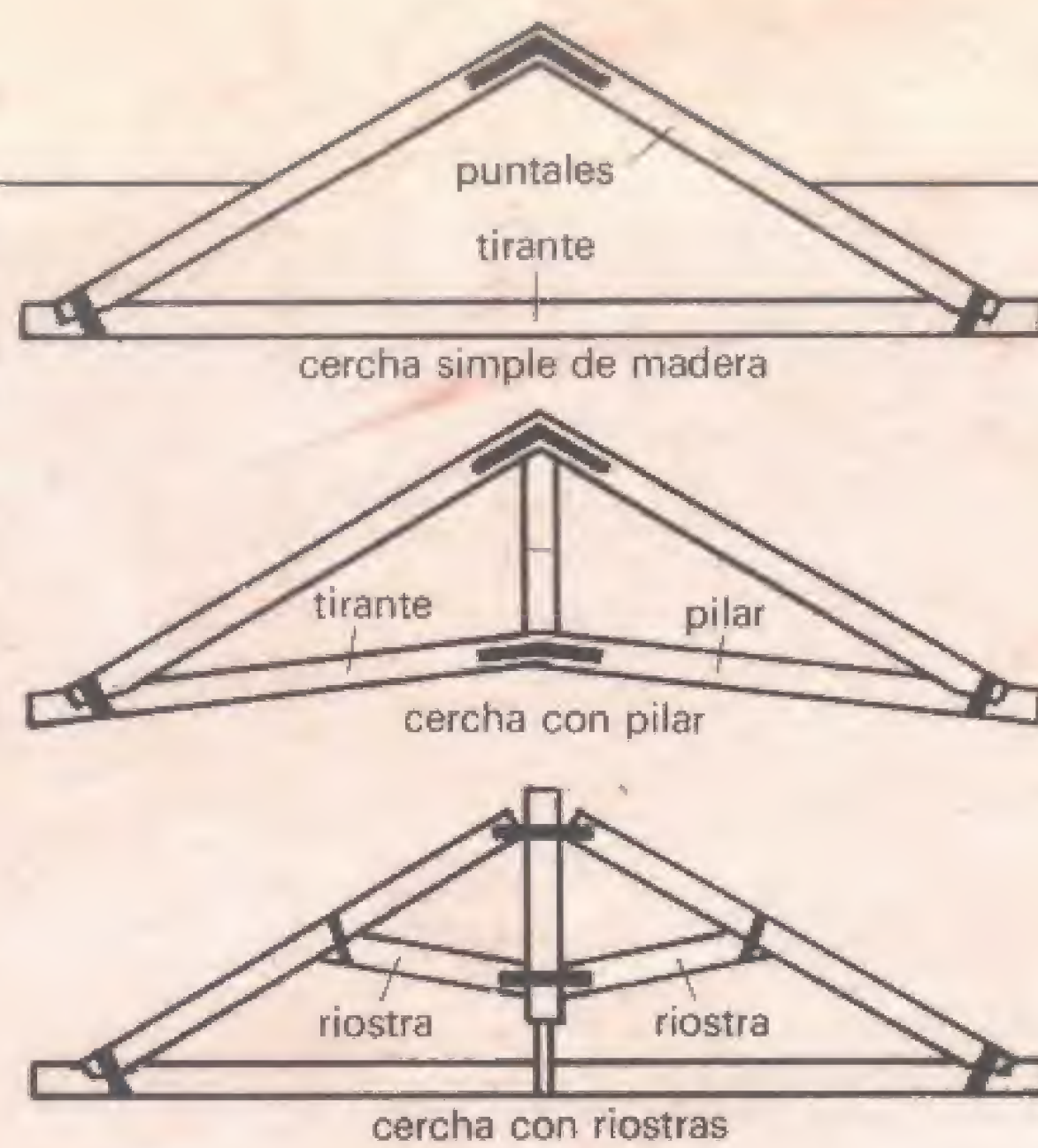
A menudo se utilizan estructuras suplementarias de dimensiones variables para reforzar los edificios y construir determi-



nados tipos de máquinas, como las grúas. El principio de funcionamiento en el que se basan ha tenido una gran aplicación en la construcción de estructuras tubulares de aviones y automóviles.

Recientemente se ha aplicado a estructuras metálicas de alta resistencia y bajo peso, como las células aeroespaciales, capaces de conseguir grandes alturas entre el suelo y el techo y que pueden ensamblarse rápidamente.

Véase **Arquitectura; Viga**

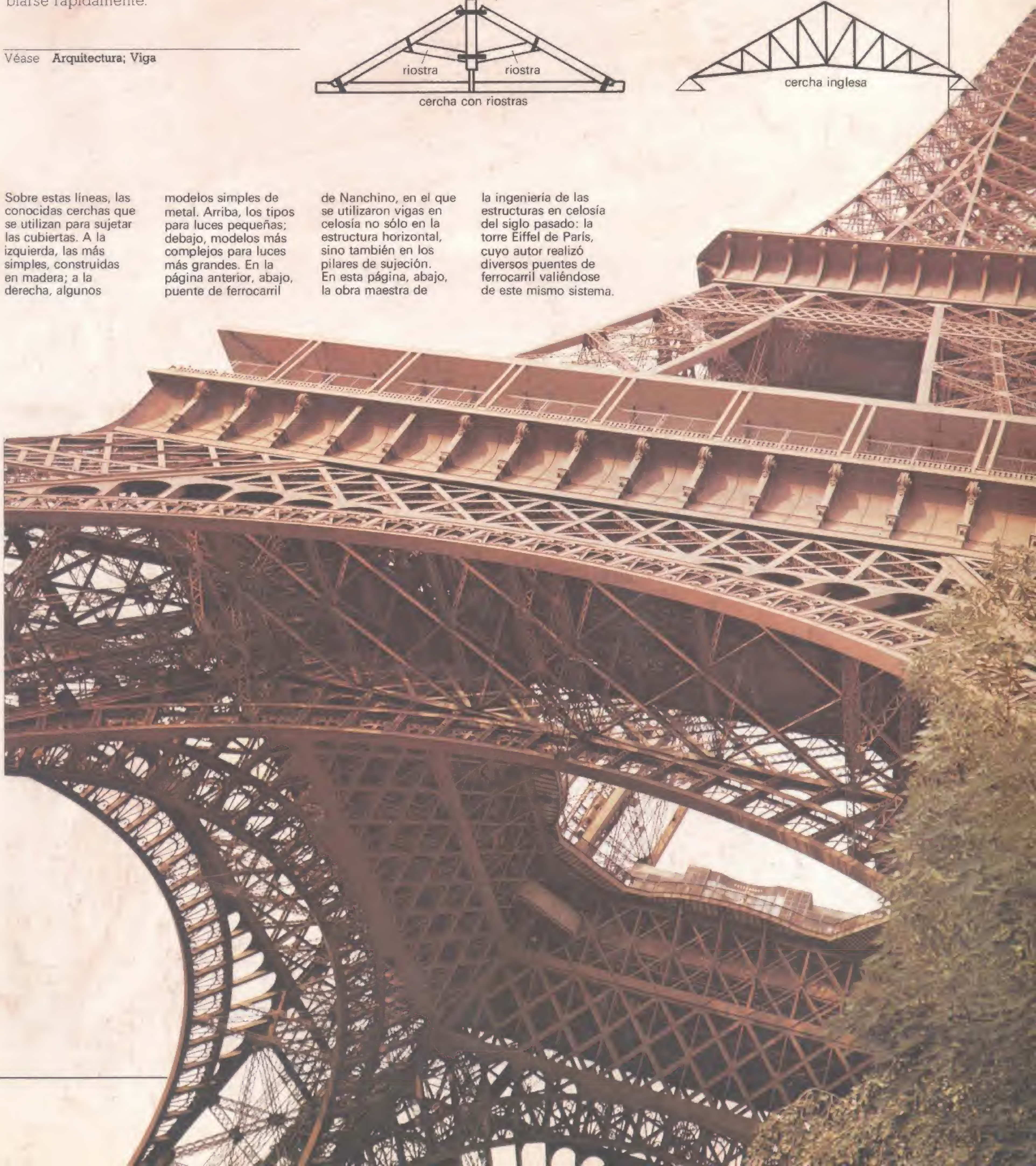


Sobre estas líneas, las conocidas cerchas que se utilizan para sujetar las cubiertas. A la izquierda, las más simples, construidas en madera; a la

derecha, algunos modelos simples de metal. Arriba, los tipos para luces pequeñas; debajo, modelos más complejos para luces más grandes. En la página anterior, abajo, puente de ferrocarril

de Nanchino, en el que se utilizaron vigas en celosía no sólo en la estructura horizontal, sino también en los pilares de sujeción. En esta página, abajo, la obra maestra de

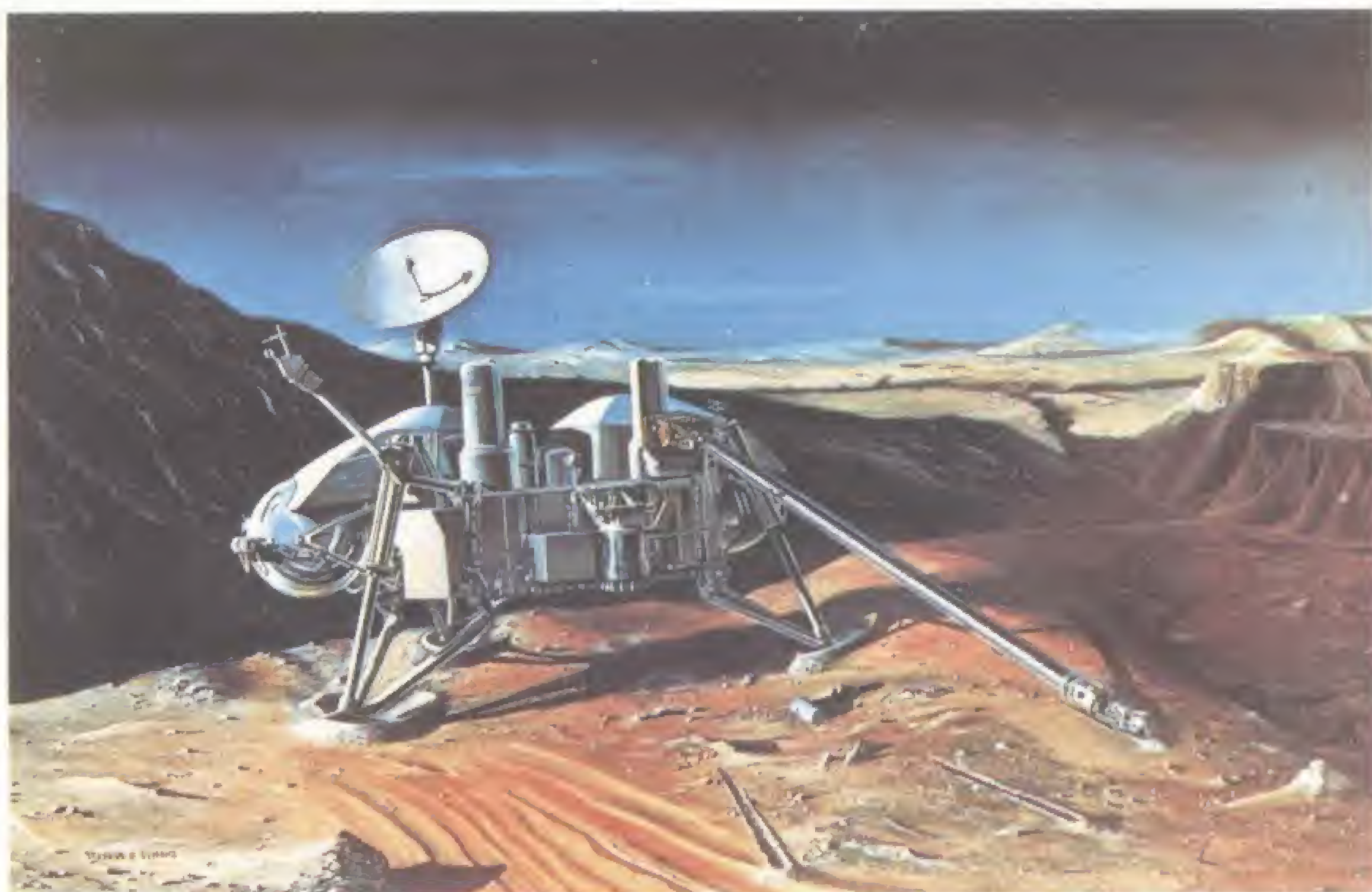
la ingeniería de las estructuras en celosía del siglo pasado: la torre Eiffel de París, cuyo autor realizó diversos puentes de ferrocarril valiéndose de este mismo sistema.



Viking

Aunque, ya en la década de los sesenta y a principios de los años setenta, las sondas Mariner, especialmente el Mariner 9, proporcionaron gran cantidad de información sobre Marte, ha sido el programa espacial Viking, también estadounidense, el que ha contribuido de forma decisiva a resolver muchas de las numerosas interrogantes que existían en torno al planeta rojo, representando también la primera tentativa seria de dar respuesta a uno de los más grandes misterios que rodeaban a este planeta: ¿existe vida en Marte? Desde el punto de vista técnico, además, se consiguió, por primera vez, desarrollar complejas investigaciones de carácter científico (análisis químicos) en un objetivo situado a millones de kilómetros de distancia.

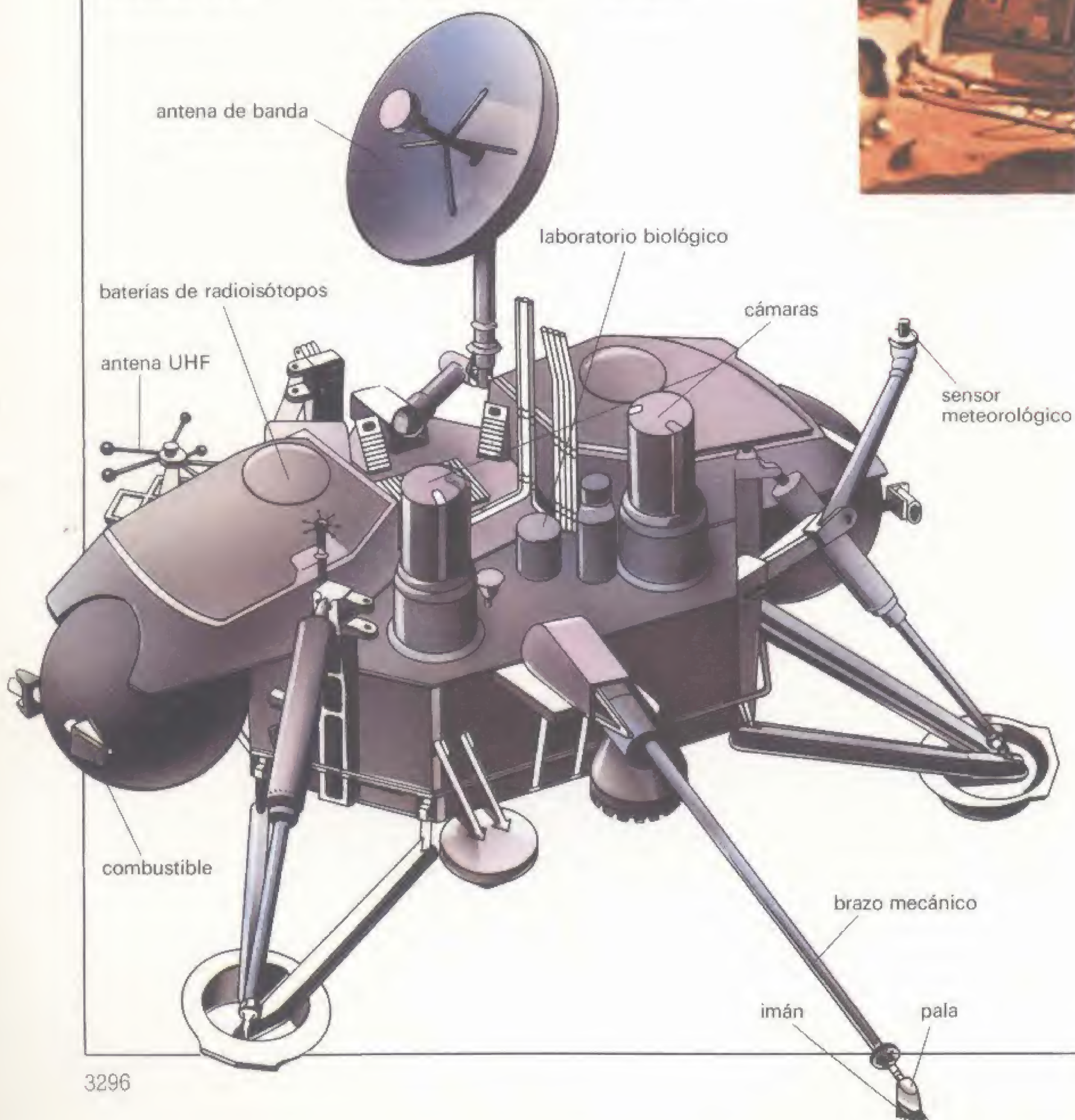
Antes de tocar la superficie marciana, el 20 de julio de 1976, la sonda Viking I y su gemela Viking II, lanzada al espacio poco tiempo después, cumplieron varias órbitas alrededor de Marte, fotografiando



El estudio de Marte ha podido progresar enormemente gracias a las misiones del proyecto Viking, que han permitido, por primera vez, observar directamente su suelo y tomar muestras del mismo para analizar y establecer la posibilidad de la

existencia de alguna forma de vida. Las dos ilustraciones de arriba y abajo muestran la sonda en conjunto, mientras que la secuencia fotográfica de al lado pone de manifiesto el funcionamiento del brazo mecánico que ha permitido la recogida

de las distintas muestras, analizadas después, automáticamente, dentro del vehículo espacial. Sin embargo, el análisis de las muestras no ha permitido resolver con certeza el problema de la existencia de vida en Marte.



la superficie del planeta con poderosos equipos de detección y transmitiendo las imágenes a la Tierra. Las fotografías obtenidas por ambas sondas resultaron ser más claras y nítidas que las realizadas por sondas anteriores, y pusieron en evidencia que los puntos elegidos para el aterrizaje estaban en realidad llenos de peligrosas rocas y cráteres. Por esta razón, el aterrizaje, previsto para el 4 de julio de 1976 (aniversario de la Declaración de Independencia de los Estados Unidos), fue pospuesto con el fin de elegir un lugar más adecuado para el contacto.

El Viking I tocó la superficie de Marte, después de un emocionante descenso, en la *Chryse Planitia* o "Llanura Dorada", mientras que algunas semanas más tarde, el Viking II descendía en la *Utopia Planitia* o "Llanura de la Utopía". A pesar de sus nombres, ambas llanuras resultaron ser rocosas, frías y áridas.

Una vez en Marte, ambas sondas espaciales, dotadas cada una de tres pies de apoyo y con un peso aproximado de 3.500 kg, recibieron por radio la orden de extender de su propio cuerpo central un largo brazo mecánico, en cuya extremidad había una especie de mano mecánica capaz de recoger muestras del suelo y de

trasladarlas a un laboratorio biológico, instalado a bordo de la nave, para su posterior análisis. Este laboratorio estaba provisto de instrumentos automáticos especialmente programados para detectar la posible presencia de trazas de vida en las muestras del suelo marciano. En la Tierra, entre las más simples y comunes criaturas vivas están las bacterias del suelo. Por ello, los científicos pensaban que de haber vida en Marte podría también estar presente en las capas superficiales del terreno; ésta fue la razón de que tanto el Viking I como el Viking II fuesen equipados con sofisticados sistemas que únicamente los capacitaban para la recogida de muestras de la superficie del planeta.

Se realizaron tres experimentos principales. Dos de éstos consistían en disponer algunos fragmentos del suelo marciano en placas que contenían un caldo de cultivo favorable al crecimiento de las bacterias. Se esperaba que las bacterias, eventual-

mente presentes en el polvo de Marte, pudiesen reproducirse en contacto con ese caldo de cultivo. Al crecer, las bacterias, liberarían, previsiblemente, gases del tipo del dióxido de carbono, por lo que los equipos del Viking habían sido concebidos para detectar cualquier posible aumento en las cantidades de este gas. El tercer experimento estaba destinado a determinar si alguna de las posibles formas de vida del suelo marciano, en caso de que existiese, podía vivir mediante fotosíntesis, es decir, siguiendo el proceso utilizado por las plantas verdes para trans-

formar agua, luz y dióxido de carbono en sustancias nutritivas. Ninguno de los experimentos realizados indicó la presencia de vida en Marte, pero tampoco pudo demostrar su inexistencia. Ambas sondas repitieron varias veces los mismos experimentos, obteniendo siempre resultados distintos.

Uno de los problemas técnicos más importantes que se plantearon en el desarrollo de la misión Viking era debido al hecho de que, al encontrarse Marte a millones de kilómetros de la Tierra, las señales de radio dirigidas al planeta rojo o procedentes de él tardaban 21 minutos en llegar a su destino; por lo tanto el personal del centro de control terrestre no tenía la posibilidad de afrontar rápidamente las dificultades imprevistas que podían presentarse. Estos retrasos, por ejemplo, hicieron que la reparación de una simple avería mecánica, que se produjo cuando el Viking I se posó sobre la superficie de Mar-

te, se convirtiera en una maniobra extremadamente compleja.

A pesar de estas dificultades, las misiones del Viking I y II constituyeron un gran éxito. Además de los experimentos para determinar la existencia de vida en el planeta rojo, ambas sondas enviaron cientos de miles de fotografías e informaciones relativas a las condiciones meteorológicas de Marte. Entre estas últimas destacan las grandes tormentas de polvo que, en ocasiones, cubren la totalidad del disco y ocultan las estructuras de la superficie. La misión Viking continuó, durante los años siguientes, transmitiendo datos a la Tierra, hasta que en 1983 se dio por terminada la misión. Para entonces, los científicos habían recogido tal cantidad de informaciones sobre el cuarto planeta del Sistema solar, que aún tardarán años en analizarlas totalmente.

Véase **Marte; Navegación interplanetaria; Planetas; Sonda espacial**



mente presentes en el polvo de Marte, pudiesen reproducirse en contacto con ese caldo de cultivo. Al crecer, las bacterias, liberarían, previsiblemente, gases del tipo del dióxido de carbono, por lo que los equipos del Viking habían sido concebidos para detectar cualquier posible aumento en las cantidades de este gas. El tercer experimento estaba destinado a determinar si alguna de las posibles formas de vida del suelo marciano, en caso de que existiese, podía vivir mediante fotosíntesis, es decir, siguiendo el proceso utilizado por las plantas verdes para trans-

Las sondas Viking han sido útiles también para el estudio de la meteorología marciana. Arriba: puesta de Sol en Marte vista desde el Viking. Las bandas que aparecen en el halo son debidas a una cuestión técnica, ya que la sonda no es capaz de detectar graduaciones continuas de luz. A la derecha, nubes de hielo que invaden los cañones del *Vallis Marineris*; las nubes

son más evidentes en las primeras horas de la mañana. Los espectrómetros de masa y los cromatógrafos de gases situados a bordo del Viking han permitido analizar con mucha precisión la composición de la atmósfera de Marte, formada por un 95% de dióxido de carbono, un 2-3% de ozono, un 1,1-2% de argón y trazas (menos de 0,5%), de oxígeno, criptón, neón y helio.



Vino, fabricación del

El vino es simplemente el jugo fermentado de la uva. Existen diferentes tipos de vinos, todos ellos producidos a partir de la especie *Vitis vinifera*, de la que se cultivan innumerables variedades y subvariedades, que pueden ser combinadas indistintamente entre sí dando lugar a centenares de vinos diferentes.

Los principales factores que influyen en la calidad y las características finales de un vino son: la variedad de uva utilizada, el terreno en el cual ésta es cultivada, el

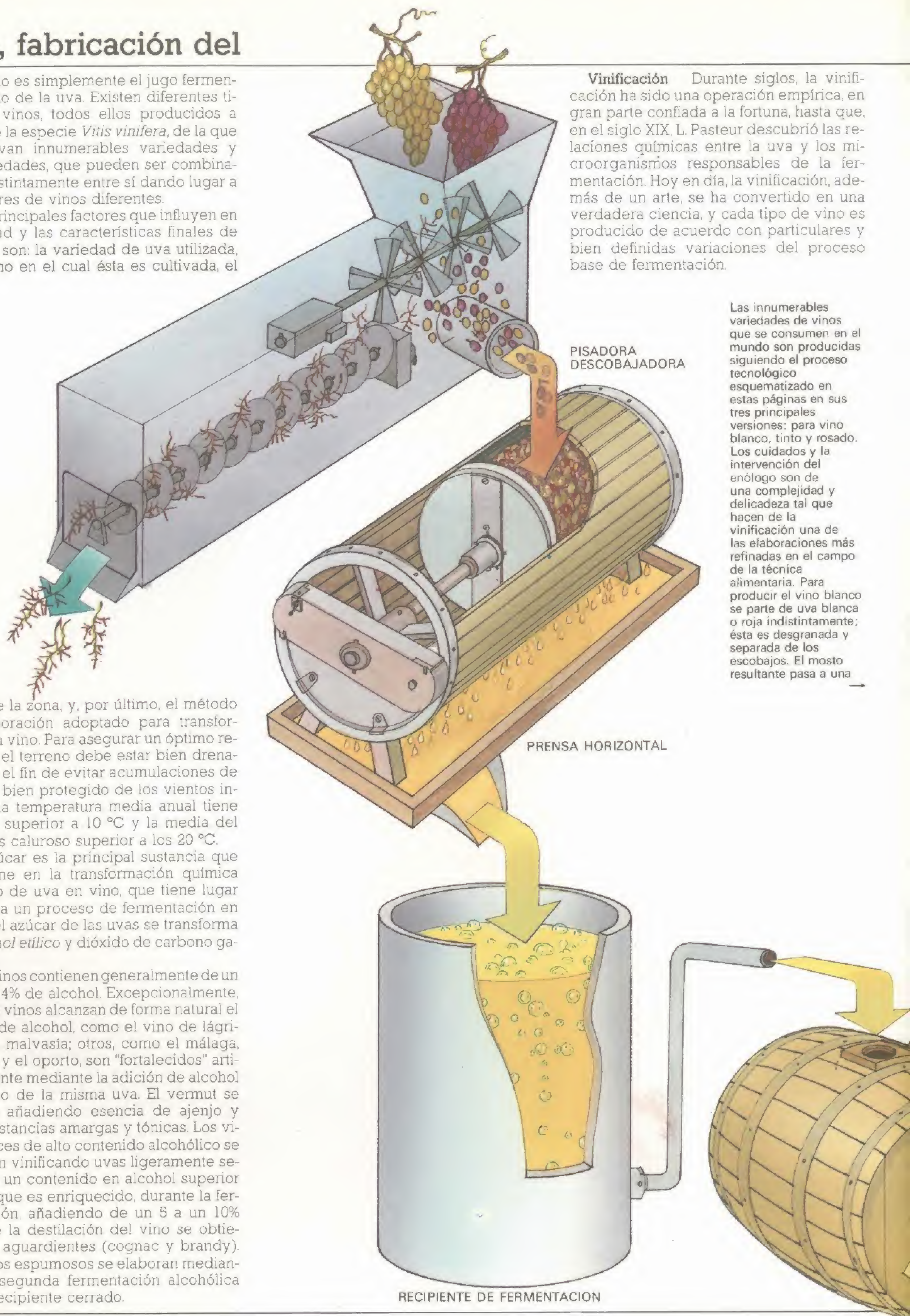
clima de la zona, y, por último, el método de elaboración adoptado para transformarla en vino. Para asegurar un óptimo resultado, el terreno debe estar bien drenado (con el fin de evitar acumulaciones de agua) y bien protegido de los vientos intensos, la temperatura media anual tiene que ser superior a 10 °C y la media del mes más caluroso superior a los 20 °C.

El azúcar es la principal sustancia que interviene en la transformación química del jugo de uva en vino, que tiene lugar gracias a un proceso de fermentación en el que el azúcar de las uvas se transforma en alcohol etílico y dióxido de carbono gaseoso.

Los vinos contienen generalmente de un 9 a un 14% de alcohol. Excepcionalmente, algunos vinos alcanzan de forma natural el 16-18% de alcohol, como el vino de lágrima y la malvasía; otros, como el Málaga, el jerez y el oporto, son "fortalecidos" artificialmente mediante la adición de alcohol destilado de la misma uva. El vermut se obtiene añadiendo esencia de ajeno y otras sustancias amargas y tónicas. Los vinos dulces de alto contenido alcohólico se obtienen vinificando uvas ligeramente secas con un contenido en alcohol superior al 14%, que es enriquecido, durante la fermentación, añadiendo de un 5 a un 10% más. De la destilación del vino se obtienen los aguardientes (cognac y brandy). Los vinos espumosos se elaboran mediante una segunda fermentación alcohólica en un recipiente cerrado.

Vinificación Durante siglos, la vinificación ha sido una operación empírica, en gran parte confiada a la fortuna, hasta que, en el siglo XIX, L. Pasteur descubrió las relaciones químicas entre la uva y los microorganismos responsables de la fermentación. Hoy en día, la vinificación, además de un arte, se ha convertido en una verdadera ciencia, y cada tipo de vino es producido de acuerdo con particulares y bien definidas variaciones del proceso base de fermentación.

Las innumerables variedades de vinos que se consumen en el mundo son producidas siguiendo el proceso tecnológico esquematizado en estas páginas en sus tres principales versiones: para vino blanco, tinto y rosado. Los cuidados y la intervención del enólogo son de una complejidad y delicadeza tal que hacen de la vinificación una de las elaboraciones más refinadas en el campo de la técnica alimentaria. Para producir el vino blanco se parte de uva blanca o roja indistintamente; ésta es desgranada y separada de los escobajos. El mosto resultante pasa a una



Los racimos de uva, que aparecen en los viñedos entrada la primavera, son recolectados (vendimia) a finales del verano o principios del otoño, cuando alcanzan la madurez.

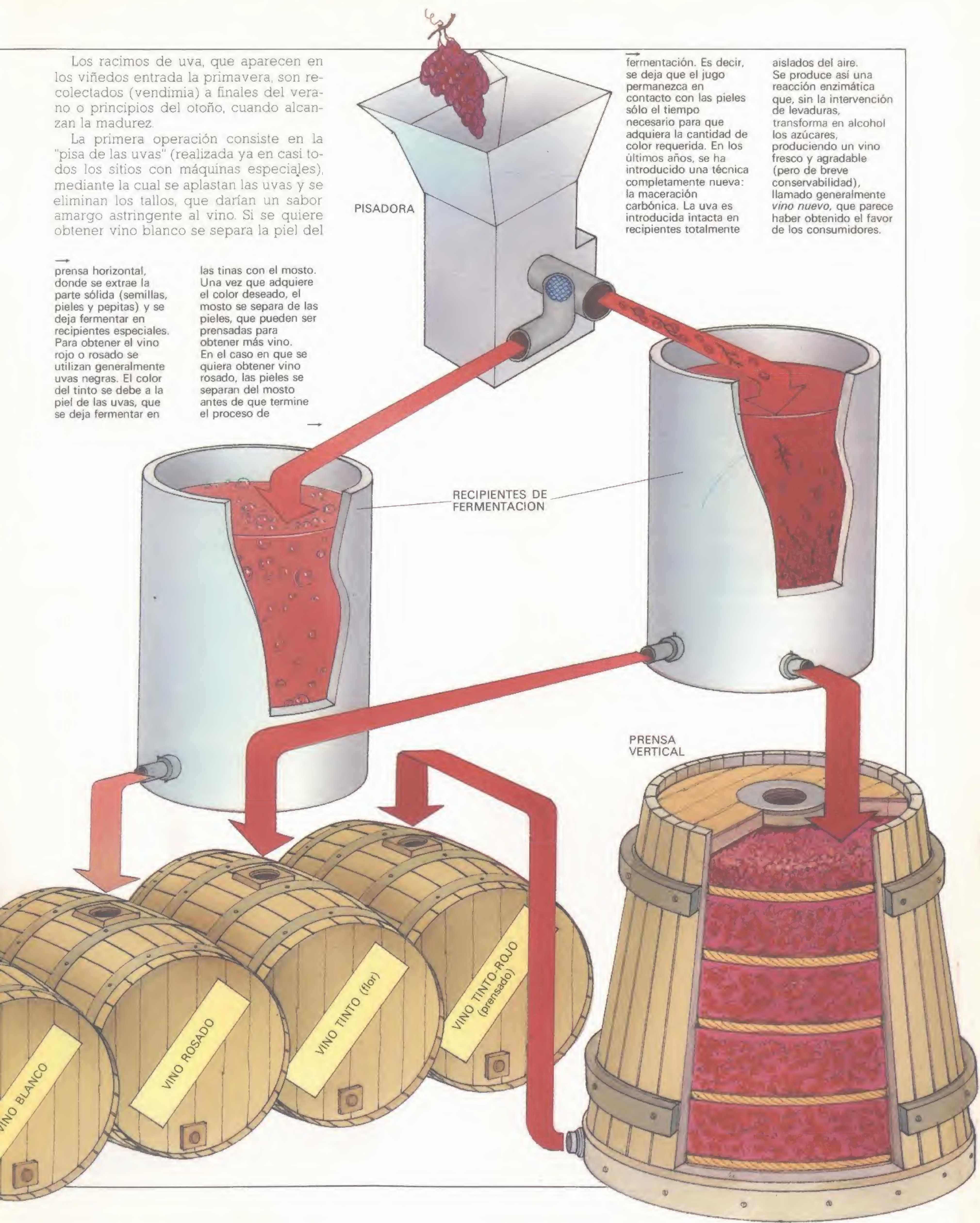
La primera operación consiste en la "pisa de las uvas" (realizada ya en casi todos los sitios con máquinas especiales), mediante la cual se aplastan las uvas y se eliminan los tallos, que darían un sabor amargo astringente al vino. Si se quiere obtener vino blanco se separa la piel del

→ prensa horizontal, donde se extrae la parte sólida (semillas, pieles y pepitas) y se deja fermentar en recipientes especiales. Para obtener el vino rojo o rosado se utilizan generalmente uvas negras. El color del tinto se debe a la piel de las uvas, que se deja fermentar en

las tinas con el mosto. Una vez que adquiere el color deseado, el mosto se separa de las pieles, que pueden ser prensadas para obtener más vino. En el caso en que se quiera obtener vino rosado, las pieles se separan del mosto antes de que termine el proceso de

→ fermentación. Es decir, se deja que el jugo permanezca en contacto con las pieles sólo el tiempo necesario para que adquiera la cantidad de color requerida. En los últimos años, se ha introducido una técnica completamente nueva: la maceración carbónica. La uva es introducida intacta en recipientes totalmente

aislados del aire. Se produce así una reacción enzimática que, sin la intervención de levaduras, transforma en alcohol los azúcares, produciendo un vino fresco y agradable (pero de breve conservabilidad), llamado generalmente *vino nuevo*, que parece haber obtenido el favor de los consumidores.





jugo (mosto), mientras que para producir vino tinto se mantienen las pieles (permitiendo así que los colorantes que contienen —antocianina— pasen al jugo, confiriéndole el típico color oscuro).

Generalmente, antes de pasar a los recipientes de fermentación, se agrega al mosto anhídrido sulfuroso, que impide las fermentaciones anómalas. Las tinajas de fermentación suelen ser de madera, acero inoxidable, fibra de vidrio o cemento. Es muy importante que en ellas se alcance la temperatura adecuada (unos 25 °C), por lo que las instalaciones más modernas es-

tán provistas de sistemas para el control exacto de la temperatura.

La fermentación alcohólica es realizada por acción de levaduras (principalmente, *Saccharomyces ellipsoideus*), que transforman la glucosa y la fructosa del mosto en dióxido de carbono y alcohol etílico. En esta fase es necesario evitar un excesivo contacto del mosto con el oxígeno del aire, que podría arruinar el sabor y el color del vino. Esta fermentación tiene una duración de 10 a 30 días, al cabo de los cuales el contenido en azúcar es de sólo un 1%; en este momento puede añadirse

el alcohol necesario para producir vinos más fortalecidos (jerez, oporto).

Tras la fermentación se realiza el *trasiego*, con el fin de separar el vino del sedimento sólido que se ha formado en el fondo (heces). Después, el vino es trasvasado a toneles de madera (generalmente de roble o de castaño) donde madura como consecuencia de una pequeña cantidad de oxígeno que penetra a través de los poros de la madera. El período de maduración varía entre dieciocho meses y dos años, aunque se puede prolongar durante un período de envejecimiento mucho más largo.

Antes de embotellarlo, el vino suele ser sometido a filtraciones y a un ulterior refinamiento o "clarificación" por medio del añadido de sustancias minerales, como la bentonita (un tipo de arcilla), u orgánicas, como la clara del huevo, la caseína y la albúmina de la leche, son precipitadas las sustancias coloidales que permanecían en suspensión en el vino, depositándose en el fondo del tonel, obteniéndose así un vino límpido y transparente.

Cuando el vino ha alcanzado un envejecimiento ideal, es retirado de los toneles y embotellado.

El vino embotellado puede dividirse en cuatro categorías: el vino "de mesa" o "común", denominación que asegura solamente que el vino ha sido hecho con uva; el vino "de mesa con indicación sobre la procedencia geográfica", que tiene que ser producido con uva recogida por lo menos en un 85% en la zona indicada; el vino de "denominación de origen controlada", que debe ser producido con uvas de un área delimitada y con la uva o mezcla de uva específicamente determinada en el momento de la concesión de la denominación de origen; la cuarta categoría la constituyen los vinos "de denominación de origen controlada y garantizada", similar a la precedente pero sólo concedida a vinos de particular calidad.

SENSACIONES	CATEGORIA SENSORIAL	ORGANO RECEPTOR	CARACTERES EXAMINADOS
BOUQUET	olfativas	nariz (mucosa olfativa)	olor (vía nasal directa)
	olfativas	boca (mucosa olfativa)	aroma (vía retronasal)
GUSTO	olorosas	todas las mucosas	agresividad
	táctiles	todas las mucosas	untuosidad
	térmicas	todas las mucosas	temperatura
	gustativas	boca (papilas gustativas)	sabor
	químicas	todas las mucosas	astringencia pseudocalor
ASPECTO	visuales	ojo (retina)	limpiez color

Lo que hace apreciar más o menos un vino es el conjunto de sensaciones (analizadas en la tabla a la izquierda de estas líneas) que provoca durante su degustación. Si bien cualquiera es capaz de degustar un vino, para obtener valoraciones objetivas de su calidad, mediante el análisis cuidadoso de las sensaciones obtenidas, es necesario un adecuado adiestramiento y/o una larga experiencia. El degustador, preferentemente en ayunas, debe abstenerse de fumar en las horas precedentes a la degustación y de consumir café, queso, caramelos y cualquier otro alimento de sabor muy fuerte. Se desaconseja además el uso de perfumes.

La degustación del vino Las principales características que hacen apreciar un vino y que lo distinguen de los demás son cuatro: el bouquet (perfume), el gusto (sabor), el aspecto y el regusto. A la vista, el vino debe presentarse límpido, porque su color y su claridad, además de ser parte del placer estético de la degustación, son también reflejo del índice de envejecimiento y de la calidad del vino (durante el envejecimiento en la botella, el vino sufre ligeras oxidaciones que provocan un leve oscurecimiento). El "bouquet" se desarrolla durante el añejamiento o envejecimiento. Oliendo un vaso de buen vino se pueden apreciar persistentes aromas de lilas, violetas y otras hierbas y especias. El regusto de un vino (el gusto que queda en la boca después de haberlo deglutido) puede diferir del gusto y del aroma primarios; esto se debe al efecto de la oxidación (causada por la respiración del degustador) al cual son sometidas las trazas de vino que quedan en el paladar.

Las botellas de vino a envejecer son



Diversas formas de botellas para vinos de calidad. Todas tienen una capacidad mínima de 0,72 litros. De izquierda a derecha: botella bordelesa, para vinos tintos o rosados; borgoñona, para vinos tintos; polichinela, para blancos; champañola para espumosos, y renana, para blancos.

conservadas en estantes especiales situados en un ambiente fresco (entre 13 y 18 °C) y seco, que generalmente se da en las buenas bodegas.

Añada La clasificación de los vinos en base al año de cosecha es una utilísima información sobre la calidad misma del vino.

Esto es debido a la extrema variabilidad de las cosechas de la uva que se obtienen de un año a otro. Vendimias excepcionales se realizan generalmente en años con un otoño benigno y seco, que permite a la uva desarrollar el máximo contenido de azúcar y de sustancias aromáticas.

Véase Agricultura; Vid



Riccadonna, Asti



Los ambientes de las grandes factorías vinícolas de hoy en día recuerdan muy poco a las tradicionales bodegas llenas de toneles, cubas, trapiches y equipos varios de madera. Si bien el proceso fundamental ha permanecido prácticamente igual, el descubrimiento y utilización de materiales nuevos y la creación de maquinarias especiales para la producción en masa han transformado los

establecimientos vinícolas actuales en lugares asépticos y tecnificados. De esta forma, han perdido fuerza y poesía, pero han ganado en productividad, garantía, asepsia y constancia de calidad. En las dos imágenes inferiores se observa una moderna industria vinícola. Abajo, los recipientes de fermentación para vinos espumosos y, encima, cadenas de embotellamiento. A la izquierda de estas líneas, las uvas tras la vendimia.

COMPOSICION QUIMICA DEL VINO

Vitaminas contenidas en un litro

vitamina C	mg 3-10
vitamina B	mg 0,08-0,26
vitamina B	mg 0,06-0,5
vitamina pp	mg 0,22-1,7
ácido pantoténico	mg 0,2-1,2
vitamina B	mg 0,09-0,5
vitamina B ₁₂	mg 0,00002-0,00008
ácido fólico	mg 0,0009-0,002

Elementos minerales (gr por litro)

potasio	0,1666-2,075
sodio	0,0007-0,046
calcio	0,021-0,213
magnesio	0,018-0,210
cloro	0,009-0,075
azufre	0,025-0,090
fósforo	0,044-0,174
flúor	0,003-0,010
boro	0,002-0,015
arsénico	trazas
silicio	trazas
yodo	trazas
manganeso	0,0004-0,008
hierro	0,003-0,014
aluminio	0,005
cobre	trazas
cinc	trazas

Constituyentes del vino (gr por litro)

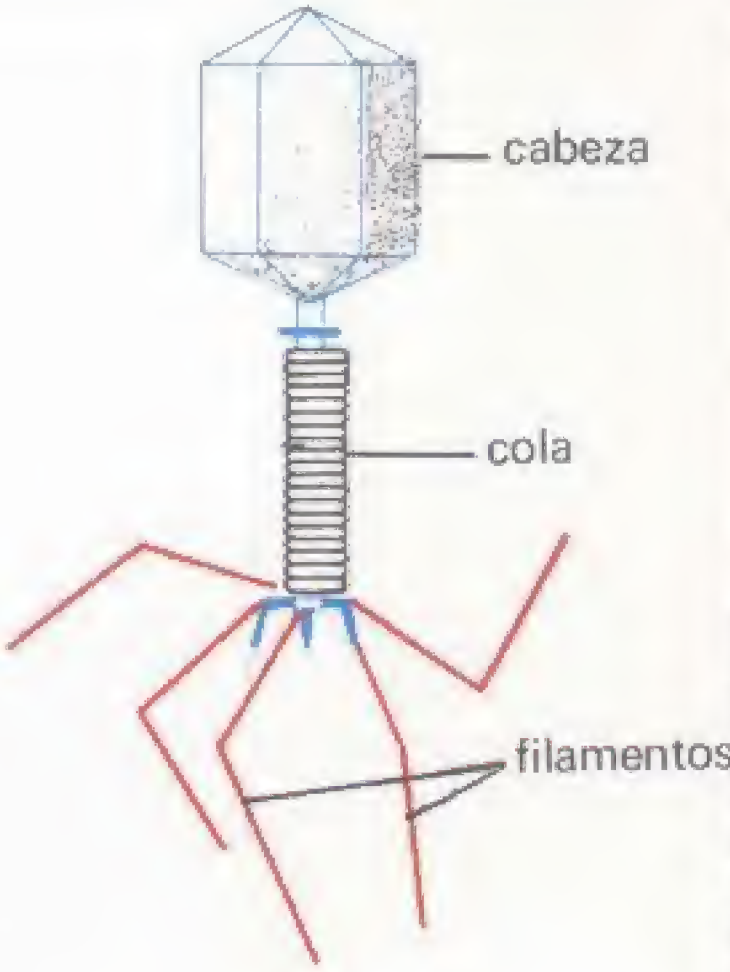
alcoholes	
alcohol etílico	60-150
alcohol metílico	0,005-0,2
alcoholes superiores (propílico, butílico, amílico, enántico, etc.) y ésteres	0,1-0,7
glicerina	5-12
sustancias no alcohólicas	
agua	850-940
glucosa y frutosa	0,5-2
aminoácidos, péptidos, proteínas	1-6
ácidos orgánicos fijos y volátiles (tartárico, málico, succínico, cítrico, fórmico, acético, propiónico, láctico, butírico)	0,7-1,5
sales orgánicas	1,2-1,4
ésteres de ácidos fijos y volátiles	trazas
sustancias minerales	1,5-4
sustancias tánicas	
vino blanco	0,1
vino tinto	1,3
sustancias colorantes	0,6-2

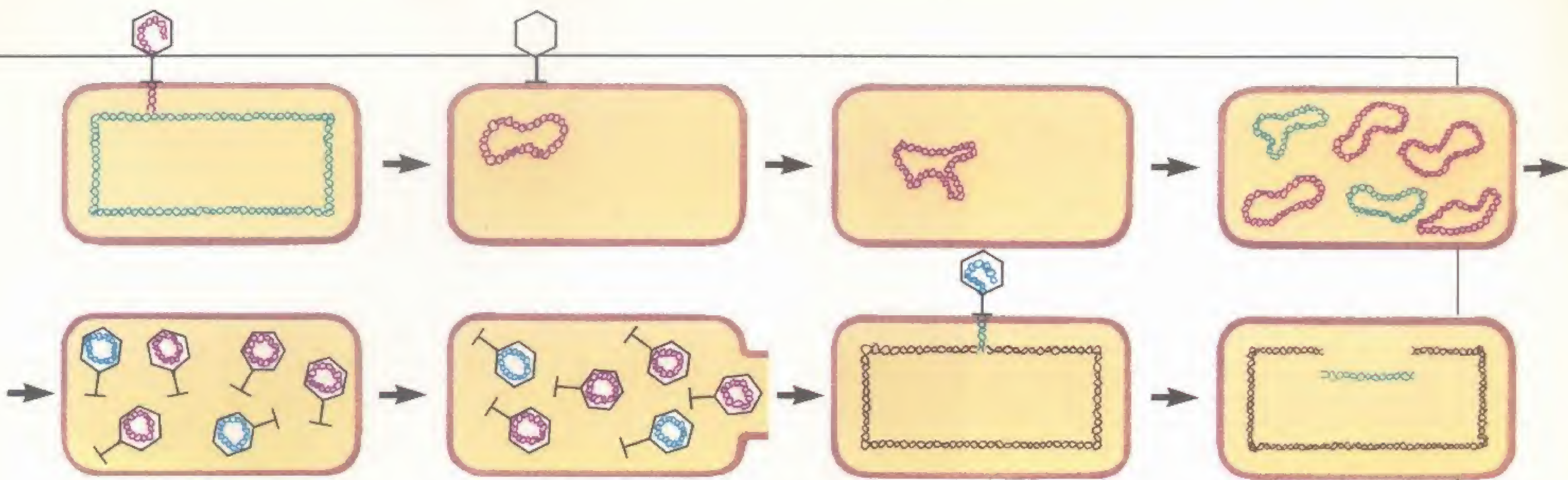
Virus

Las víctimas de la "española", epidemia de gripe que se declaró en los años 1917 y 1918, fueron 20 millones, número cercano al de desaparecidos entre ambos bandos durante la II Guerra Mundial. Esta cifra tan gigantesca ha hecho que la "española" sea considerada como una de las epidemias más desastrosas de la historia de la humanidad. El responsable de la gripe es un virus, un agente infeccioso de dimensiones extremadamente reducidas (de 0,002 a 0,25 micras) pero mortal en sus efectos. Los virus son también responsables de otras enfermedades mortales, como la viruela o la fiebre amarilla.

La composición de los virus es relativamente simple: una parte central (nucleoide) de ácido nucleico encerrada en una envoltura compuesta por proteínas, a veces acompañadas de grasas y de hidratos de carbono. La forma y la estructura de los virus varían según el tipo de éstos. Los virus se desarrollan en el hombre y en otros animales, en las plantas o en las células bacterianas. Se emplean ampliamente en las investigaciones médicas, especialmente en el estudio de la célula, y pueden estar relacionados con muchas enfermedades, entre las que se cree que podrían figurar la diabetes y algunos tipos de cáncer. Los virus son, además, la causa

CLASIFICACION DE LOS VIRUS					
Acido nucleico	Simetría (helicoidal cosaédrica)	Desnudos, envueltos	Número de capsómeros, diámetro	Grupo	Ejemplos
ADN	H	E	90-100 Å	POX	viruela-vacuna-mixomatosis
	I	D	12	MICRO	fago 174
			32	PARVO	virus K del ratón
			72	PAPOVA	polioma-SV40-verruga humana-papiloma de Shope
			252	ADENO	adenovirus humanos y animales
	mixta	E		HERPES	herpes simple y zóster-varicela-virus asociado al sarcoma de Burkitt
		D		fagos con cola	serie de los fagos T-fagos λ
ARN	H	D	100-130 Å 170-200 Å 250 Å	virus de los vegetales de simetría H	virus del mosaico del tabaco
		E	90 Å cubierta esférica	MYXO	gripe
			180 Å cubierta esférica	PARAMYXO	parotiditis-sarampión
			180 Å cubierta en obús	STOMATO	estomatitis vesiculosa-rabia
			32	PICORNA	polio-ECHO-coxsackie-fagos ARN
	I	D	92	REO	reovirus animales-del tumor de las heridas (vegetales)
		E	?	ARBO	fiebre amarilla





de enfermedades como el sarampión, la parotiditis, la rabia y el resfriado común.

Al igual que las bacterias, los virus originan en el organismo huésped la producción de anticuerpos, agentes que combaten los gérmenes en un individuo infectado. Basándose en esta teoría, pueden ser administradas (generalmente, mediante inyecciones) vacunas, sustancias que contienen virus muertos o cepas debilitadas de éstos. La finalidad de las vacunas es la de proporcionar una protección contra los virus que no pueden ser tratados con antibióticos u otros fármacos.

Estructura y composición Los virus presentan una gran variedad de formas y de dimensiones. Los virus del grupo de las enfermedades exantemáticas son los que poseen mayores dimensiones. Los virus que provocan la poliomielitis y la afta epizootica se encuentran entre los más pequeños. Algunos virus tienen una forma de bastoncillo, otros son esféricos, y otros poseen geometrías más complejas. En algunos es casi posible individualizar una "cabeza" y una "cola". El revestimiento del virus se denomina cápside y está compuesto por partes más pequeñas que re-

ciben el nombre de capsómeros, organizados según un esquema preciso. La parte interna del virus, el ácido nucleico, puede estar compuesta por ADN (ácido desoxirribonucleico) o por ARN (ácido ribonucleico), organizados en una sola cadena o en una cadena doble. Generalmente, los virus con un centro formado por moléculas de ADN de cadena sencilla son de dimensiones más pequeñas, mientras que los virus con ADN de doble cadena pueden ser tanto grandes como pequeños. Entre los virus con ARN, los de cadena doble son grandes mientras que los de cadena sencilla tienen dimensiones muy variables.

Entre las características de los virus hay que tener presente:

- no son capaces de reproducirse de modo autónomo, pero son capaces de transmitir su información genética y de duplicar su propio ácido nucleico, utilizando en parte los mecanismos de la célula huésped;
- no son capaces de crecer, pero sintetizan las proteínas de la cápside utilizando también los mecanismos de la célula huésped. Son, por lo tanto, parásitos intracelulares obligados;
- presentan, además, una estructura definida y regular, que permite su clasificación.

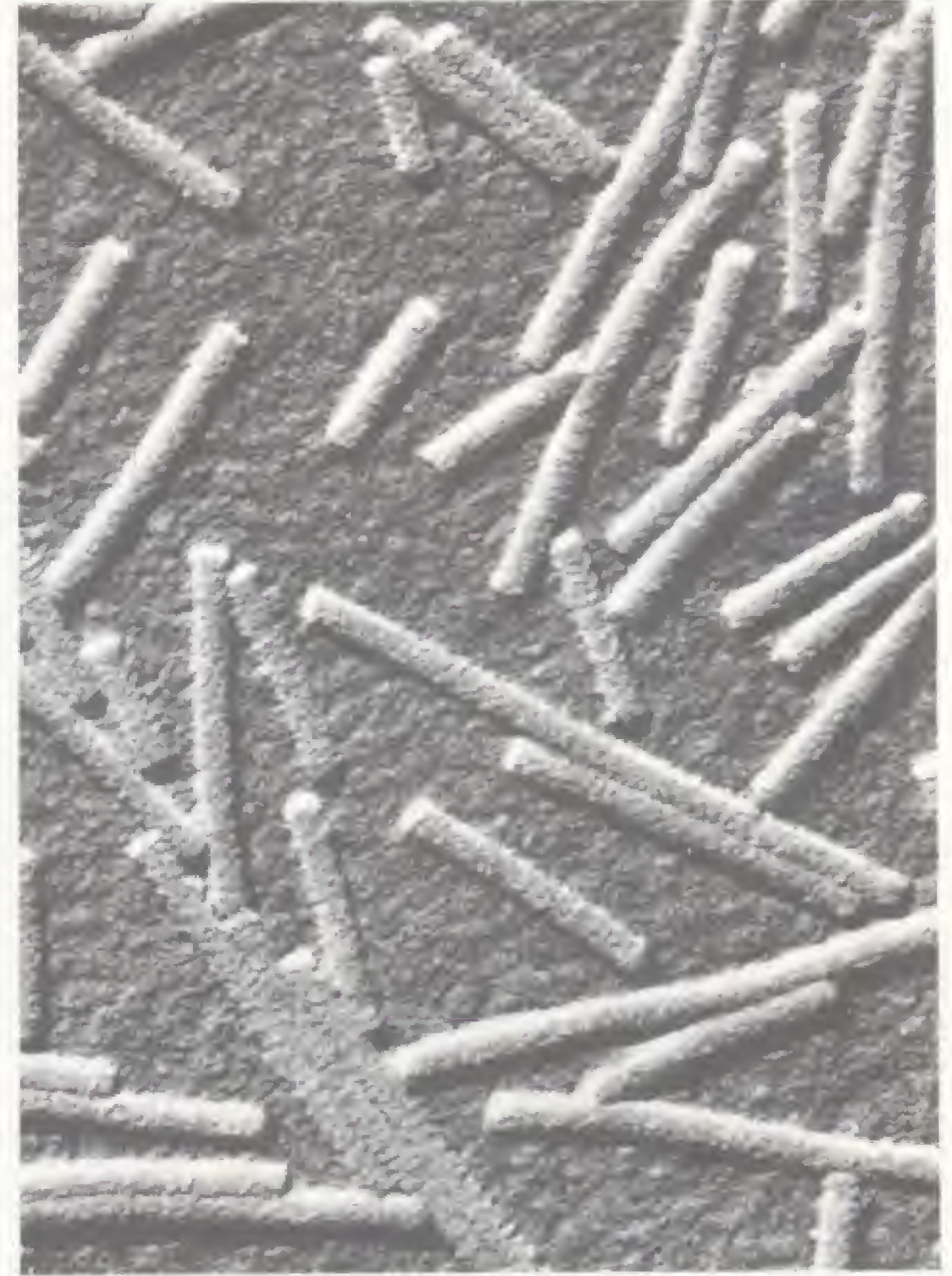


Un virus (página anterior, en el centro) está constituido por una cabeza que contiene ADN o ARN, revestida por una estructura proteínica, por una cola y por un filamento. También en la página anterior, a la izquierda, virus de la poliomielitis visto al microscopio electrónico: este virus penetra en el organismo a través de las vías respiratorias; a la derecha, un bacteriófago al microscopio electrónico. Los virus son pequeñas partículas que se encuentran a caballo entre la materia viviente y la materia inanimada, ya que viven y se reproducen

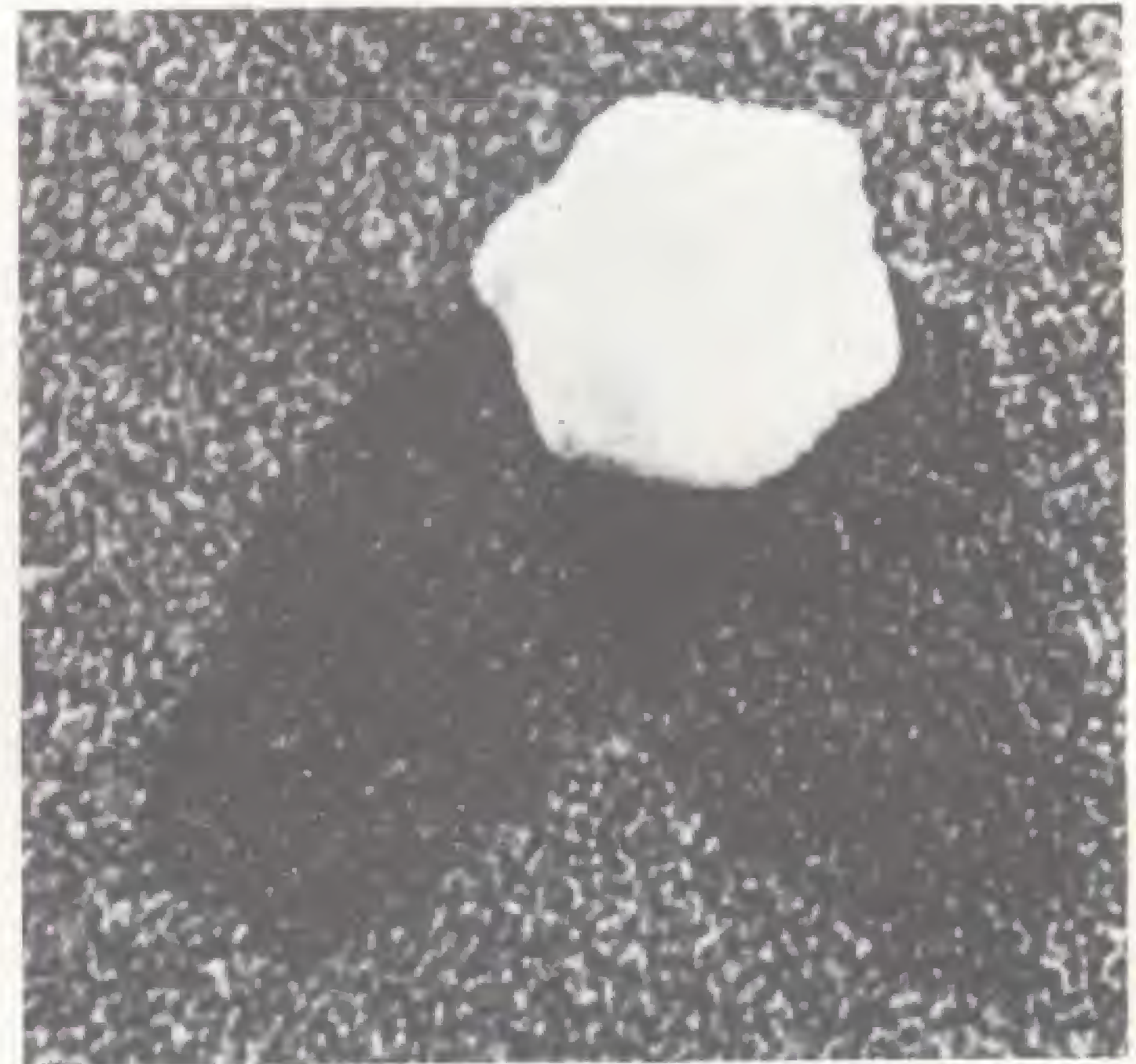
exclusivamente en el interior de una célula huésped. En la parte superior de esta página, mecanismo de infección de una bacteria: el virus se fija a la pared celular de la bacteria (a la izquierda de estas líneas, en una fotografía al microscopio electrónico) y le inyecta su material cromosómico. Este material se multiplica, y utilizando el material de la célula huésped forma nuevos viriones que se liberan y van a infectar nuevas bacterias. Puede suceder que el virus transporte material hereditario de la célula huésped a una nueva célula, modificando así su patrimonio genético.

La estructura de un virus puede ser determinada a través de análisis químicos, efectuados a altas temperaturas con la ayuda de un microscopio electrónico.

Virus y genética Los bacteriófagos, o simplemente fagos, son virus que atacan a las bacterias. Son extremadamente útiles en los estudios de genética y en los estudios sobre las células. El material genético puede ser introducido en una célula por un virus, que une las propias proteínas de la cola a la cadena genética de la bacteria. Despojándose de su propia envoltura, o cápside, el virus introduce el propio ácido nucleico en la célula huésped, e incluso, a veces, la propia cápside penetra en la célula huésped. El parásito invasor, por tanto, sintetiza enzimas víricos, proteínas y ácidos nucleicos, utilizando los materiales de la célula huésped.



El virus del mosaico del tabaco (arriba, en el centro, esquema de la molécula y fotografía al microscopio electrónico; en la parte superior de la página, planta afecta por este virus) está formado por 2.130 moléculas proteínicas, los capsómeros, que se disponen en torno a una cavidad central a lo largo de una espiral que representa una molécula de ácido nucleico. A la derecha de estas líneas, aspecto de un virus iridiscente del insecto *Tipula paludosa*: está constituido por capsómeros dispuestos de una manera regular.



En los cultivos de virus, efectuados para obtener una vacuna, a veces puede detectarse la presencia de fagos. La eliminación de los fagos es difícil y muy costosa, pero, dado que en teoría algunas enfermedades pueden ser transmitidas por la vacuna, es necesario realizar esta eliminación. Se trata de un gran problema que todavía no ha sido resuelto por las investigaciones.

Es posible que un fago sea portador de algún gen no presente en ciertas células del organismo humano. Si el gen que falta pudiese ser introducido en las células huéspedes, estas últimas podrían iniciar la producción de la proteína codificada por el nuevo gen.

Algunos investigadores sostienen que de este modo los fagos podrían provocar algunas enfermedades, incluido el cáncer, en el hombre y en otros animales.

Mecanismos de la infección viral Las infecciones virales que afectan a los animales son de tres tipos: localizadas, difusas y latentes. En las infecciones localizadas, el área enferma permanece circunscrita a la zona de penetración del virus, si bien, en realidad, tiene muchas posibilidades de difundirse a través de la contaminación de las células vecinas o a través de secreciones corporales.

Las infecciones difusas tienen lugar cuando el virus, desde el lugar de penetración, va a asentarse a distintas partes del organismo, afectando, a medida que se va multiplicando, a otros órganos. La enfermedad, en muchos casos, es transmi-

da durante el periodo de incubación, antes de que los síntomas que permiten la formulación de un diagnóstico sean evidentes. Entre los ejemplos de este tipo de infecciones virales encontramos la poliomielitis y el sarampión.

Las infecciones latentes son de dos tipos: las que manifiestan síntomas inmediatos y las que pueden no manifestarlos durante semanas, meses o años. Un factor importante en este caso puede ser la inmunidad del huésped. Si el huésped es inmune, el virus pierde rápidamente su fuerza.

Otros tipos de infecciones latentes, sin embargo, pueden engañar. La infección provocada por el *Herpes simplex*, por ejemplo, puede permanecer latente en el organismo durante años, manifestándose pocas veces o quizás una sola vez. Existen, sin embargo, casos en los que no se manifiesta nunca.

Profilaxis de las enfermedades virales

La profilaxis de las enfermedades virales puede ser llevada a cabo de tres modos distintos: profilaxis de sostén, específica y epidemiológica o bien tratamiento general, que se concentra en los portadores de la enfermedad. Con la profilaxis de sostén, los pacientes son curados de la manera más adecuada en función de sus síntomas: el tratamiento puede comprender reposo, una dieta particular, alimentación por vía endovenosa, medicación, etc. La profilaxis específica tiene como objetivo el virus mismo y comprende la inoculación de anticuerpos, es decir, de vacunas, y el empleo de interferón, una proteína produci-

da por el organismo que inhibe el crecimiento viral en el interior de las células afectas.

Hasta ahora, el método más eficaz ha resultado el epidemiológico. La fiebre amarilla, por ejemplo, ha sido controlada con la eliminación del mosquito portador, y la viruela, según un informe de la Organización Mundial de la Salud de 1980, ha sido completamente vencida.

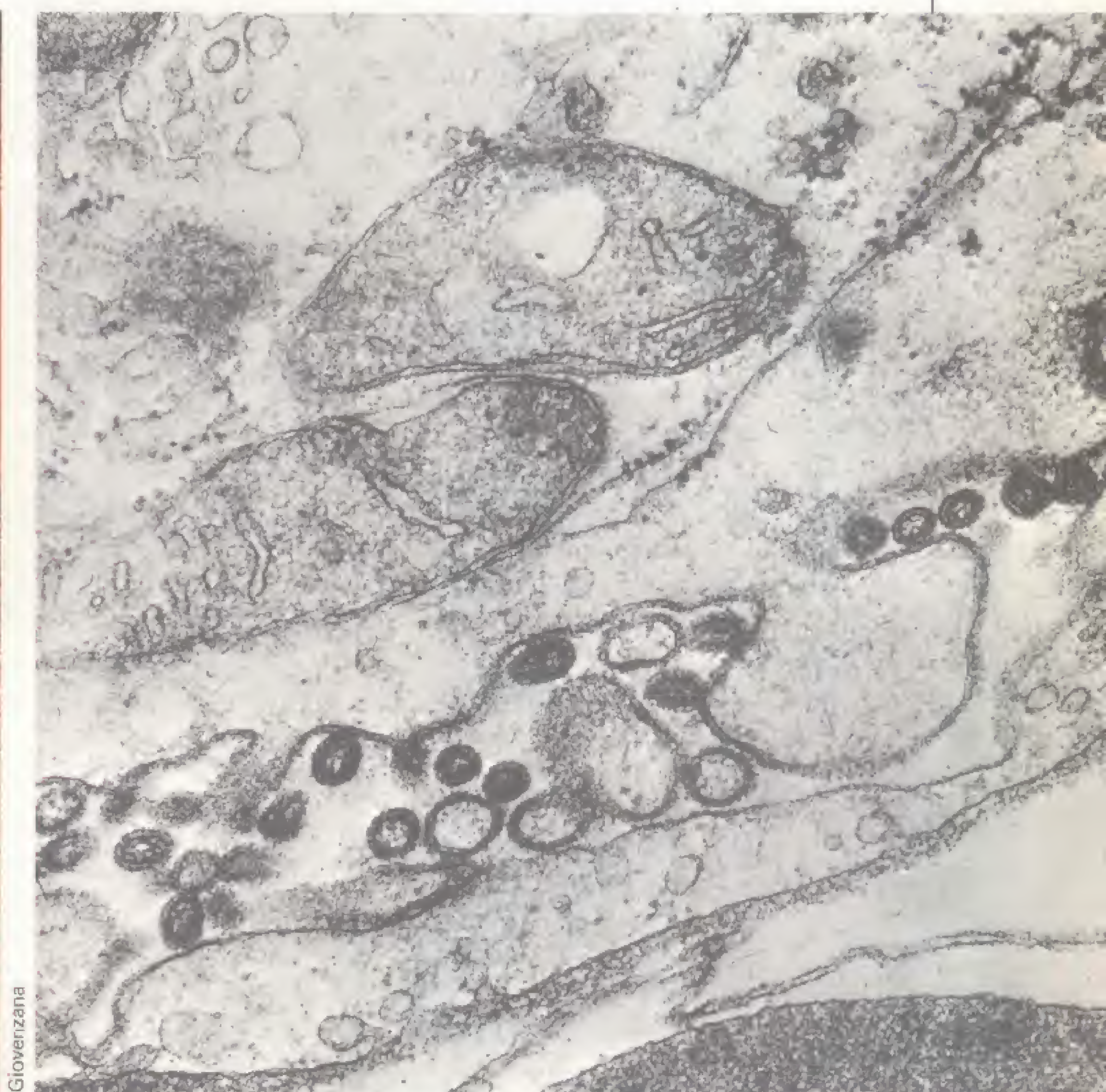
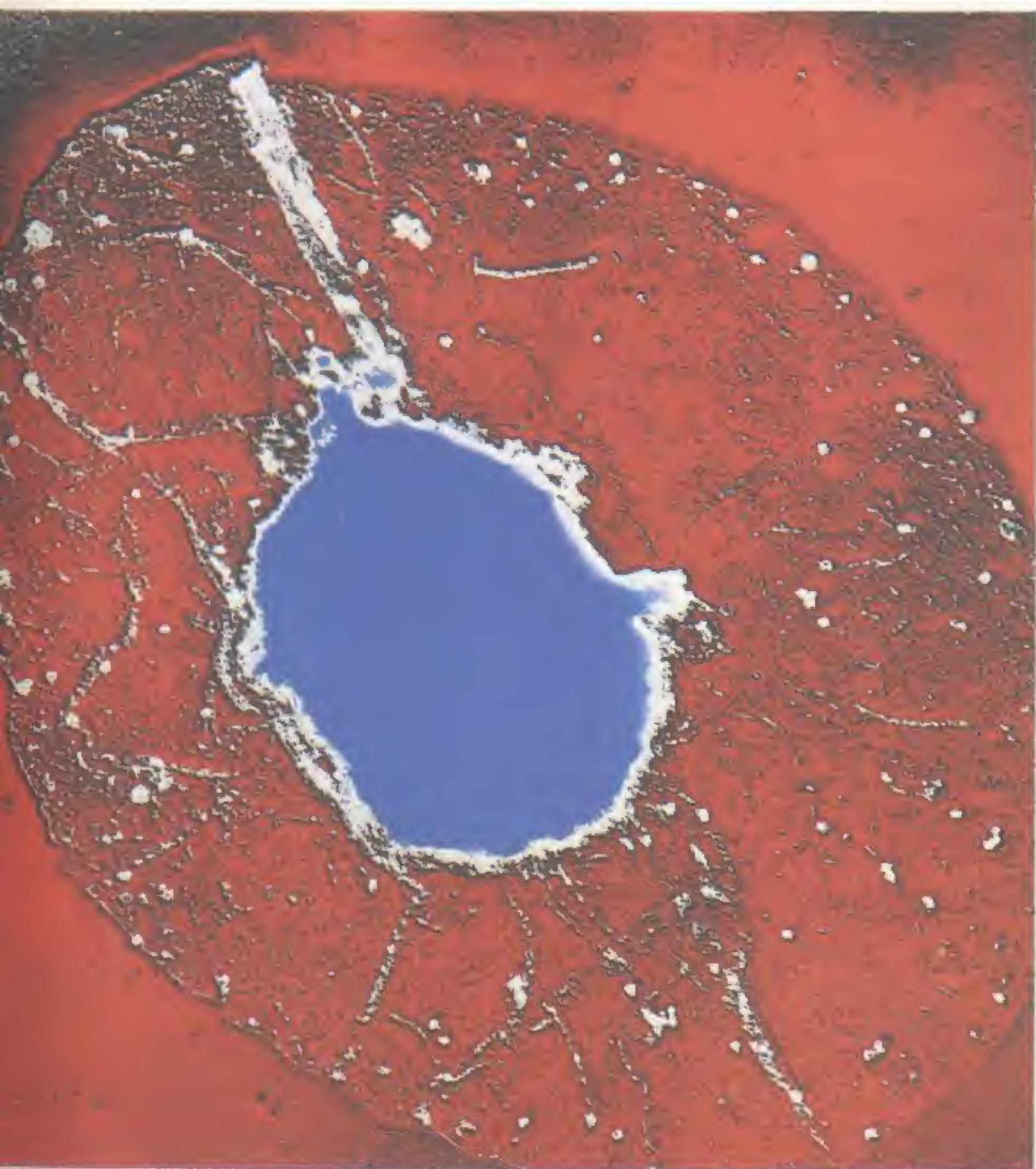
La lucha contra las enfermedades virales no ha finalizado todavía, nuevos surgimientos son ocasionalmente dados a conocer y ningún virus ha podido llegar a ser completamente eliminado.

El futuro, sin embargo, parece prometedor: actualmente se están realizando investigaciones sobre productos químicos capaces de inhibir y matar los virus. En el futuro, estas sustancias podrán resultar tan útiles como lo son actualmente los antibióticos para algunas enfermedades.

Véase Bacterias; Cáncer; Célula; Genética; Enfermedades infecciosas; Sarampión; Viruela

La gripe es una enfermedad infecciosa y contagiosa de ritmo endémico, estacional o epidémico, de causa viral. El virus de la gripe (abajo, a la izquierda, en una excepcional fotografía al microscopio) es un virus de ácido ribonucleico (grupo de

los *Orthomyxovirus*). Abajo, a la derecha, sección de tejido pulmonar visto al microscopio electrónico, en el que pueden observarse con gran claridad los virus de la gripe, indicados en la fotografía mediante flechas negras.



Giovenzana

Viscosidad

Que la sangre es un líquido menos fluido que el agua no es sólo una afirmación de uso común sino que es una proposición rigurosamente cierta. Igualmente, el aceite es también menos fluido que la sangre pero más que la miel o el asfalto. ¿Pero qué es lo que realmente determina que un líquido sea más fluido que otro? El término estrictamente correcto para definir esta propiedad que diferencia un líquido o fluido de otro distinto es la *viscosidad*. La viscosidad expresa el valor de la resistencia que un fluido ejerce ante las fuerzas externas que actúan sobre él, provocando un desplazamiento o una deformación del mismo. Como veremos más adelante, la viscosidad se debe primordialmente a las interacciones entre las moléculas del fluido. Cuando se ejerce

A la izquierda, un viscosímetro de rotación, que opera mediante un sistema de medida por inmersión. El cuerpo rotante, introducido en el fluido con una velocidad de giro constante prefijada, determina el momento de la reacción de giro que el fluido ejerce sobre el tubo de medida, según el sistema que se muestra en el esquema de abajo, a su derecha. Variando la velocidad de corte, se puede estudiar el comportamiento de los fluidos no newtonianos. El instrumento indica, directamente, la viscosidad aparente, la velocidad de corte, la tensión de corte, el momento de la reacción de giro y la temperatura.



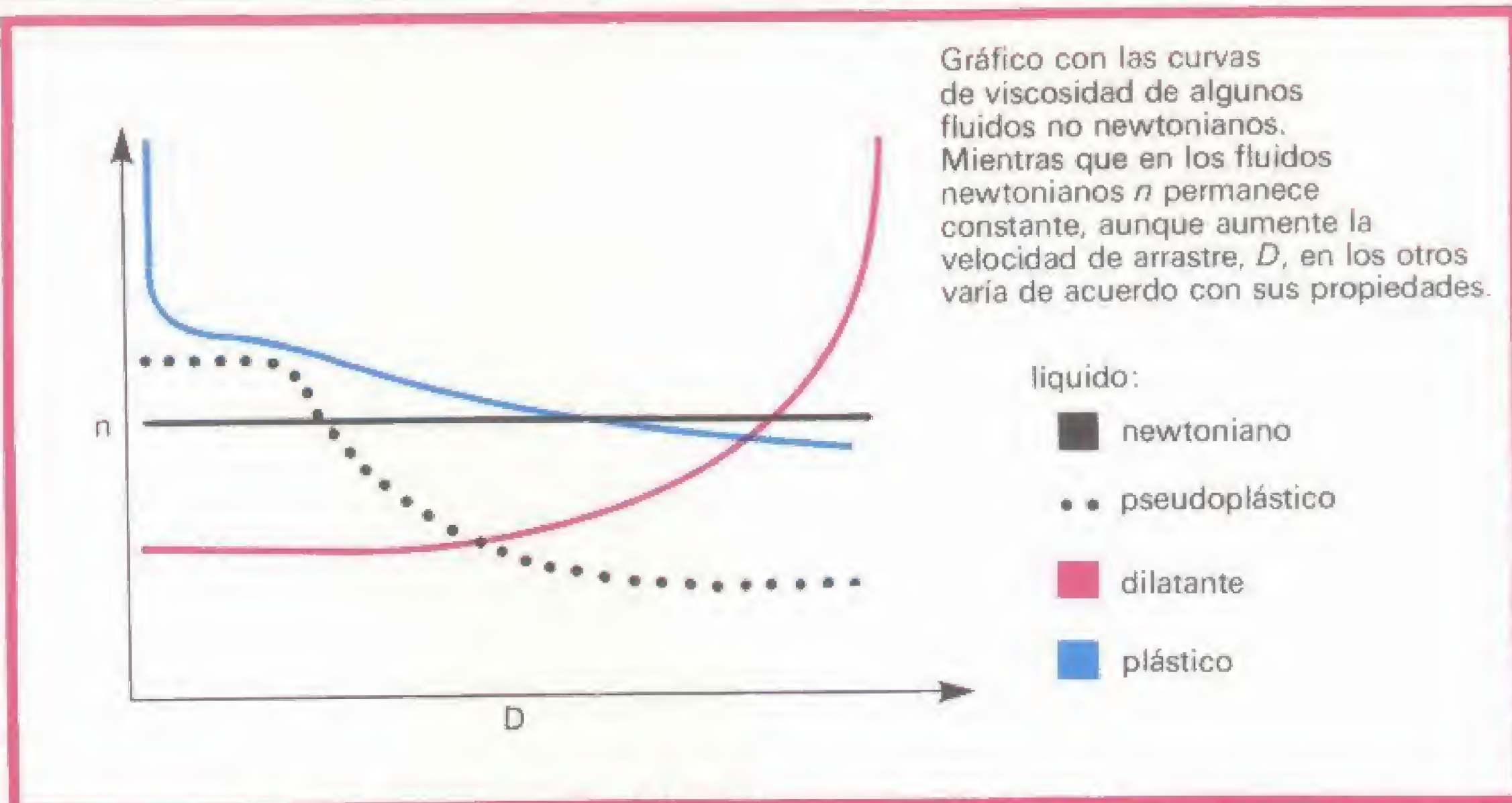
una acción sobre un fluido, la parte de éste que se ve obligada a desplazarse arrastra consigo las capas adyacentes, forzándolas a moverse en su dirección. Las moléculas que componen el fluido tienden a mantener su configuración y, por lo tanto, una igualdad de velocidades; sin embargo, como consecuencia del movimiento, aparecen fuerzas de rozamiento intermoleculares que tienden a oponerse a que aquél tenga lugar. Lógicamente, cabe pensar que la magnitud de estas fuerzas de rozamiento dependerá de la estructura molecular del fluido en cuestión, determinando, en consecuencia, el valor de la viscosidad de éste. Cuanto más fuerte sea la interacción entre las moléculas del fluido, más intensa será la resistencia que éste presente ante cualquier deformación o modificación de su estructura de equilibrio, y, por tanto, mayor será su viscosidad. Cuando las moléculas sean muy grandes, por ejemplo, sus movimientos serán muy lentos y el fluido será más viscoso.

Viscosidad absoluta y cinemática Consideremos dos placas planas y paralelas A y B, de grandes dimensiones, separadas una pequeña distancia y con el espacio entre ellas lleno de un determinado fluido. Supongamos que actuamos sobre la placa superior B con una fuerza F constante, de forma que ésta se mueva con una velocidad V constante y la placa inferior A permanezca en reposo. El fluido inmediatamente en contacto con la placa en movimiento B se adhiere a ella, adquiriendo la misma velocidad, mientras que el fluido en contacto con la placa A permanece en reposo. Los estratos de fluido que se encuentran entre ambos se comportarán como láminas que resbalan una sobre la otra. Como ya hemos comentado, la interacción entre las moléculas de las láminas provoca un rozamiento, que es la causa de la viscosidad. Evidentemente, las fuerzas de arrastre que las láminas superiores —más próximas a B— ejercen sobre las inmediatamente inferiores disminuyen a medida que nos alejamos de la placa en movimiento, lo que da lugar a una disminución progresiva de la velocidad en el flujo laminar, que se anula en la

proximidad de A. Las fuerzas de arrastre que la placa B induce sobre las sucesivas láminas del fluido (también llamadas fuerzas tangenciales o de corte) son las responsables del rozamiento molecular. Para muchos fluidos, esta tensión de corte es directamente proporcional a la velocidad de deformación resultante. En otras palabras, la magnitud de las fuerzas intermoleculares y el valor de la deformación del fluido varían manteniendo una relación constante de proporcionalidad. Esta constante se denomina *viscosidad absoluta* (o *dinámica*) o, más simplemente, *viscosidad del fluido*. Cuando la viscosidad real de un fluido es próxima al valor de esta constante, se dice que el fluido es newtoniano. Podemos, por tanto, afirmar que para estos fluidos la tensión de corte es proporcional al gradiente de velocidades o, lo que es lo mismo, a la velocidad de deformación tangencial. En general, el agua, las disoluciones poco concentradas, los fluidos orgánicos o simples y los gases son todos fluidos newtonianos (en honor a sir Isaac Newton, que formuló por primera vez la ecuación de la viscosidad absoluta).

Por el contrario, aquellos fluidos en los que la proporción entre la tensión de corte y la velocidad de deformación tangencial no es constante se denominan "no newtonianos". Dentro de estos últimos cabe destacar un nuevo grupo de fluidos: los "tixotrópicos"; se caracterizan porque al ser removidos o agitados se hacen menos viscosos; es el caso de ciertas mezclas de concentración determinada que, cuando se agitan vivamente o se someten a tensiones mecánicas, tienen la propiedad de licuarse y pasar del estado de gel al de sol. Por lo general, las disoluciones y las emulsiones altamente concentradas suelen ser fluidos no newtonianos. La cola de pegar y las tintas de imprimir pueden considerarse un ejemplo de fluidos no newtonianos tixotrópicos ya que, aunque son muy viscosos, pueden ganar fluidez al ser removidos.

Un segundo índice muy utilizado para designar la viscosidad de un fluido es la *viscosidad cinemática*, que se obtiene dividiendo el valor de la viscosidad absoluta del fluido por la densidad del mismo.



Valores típicos de la viscosidad, a 20 °C, expresados en milipascal segundo (mPa.S)

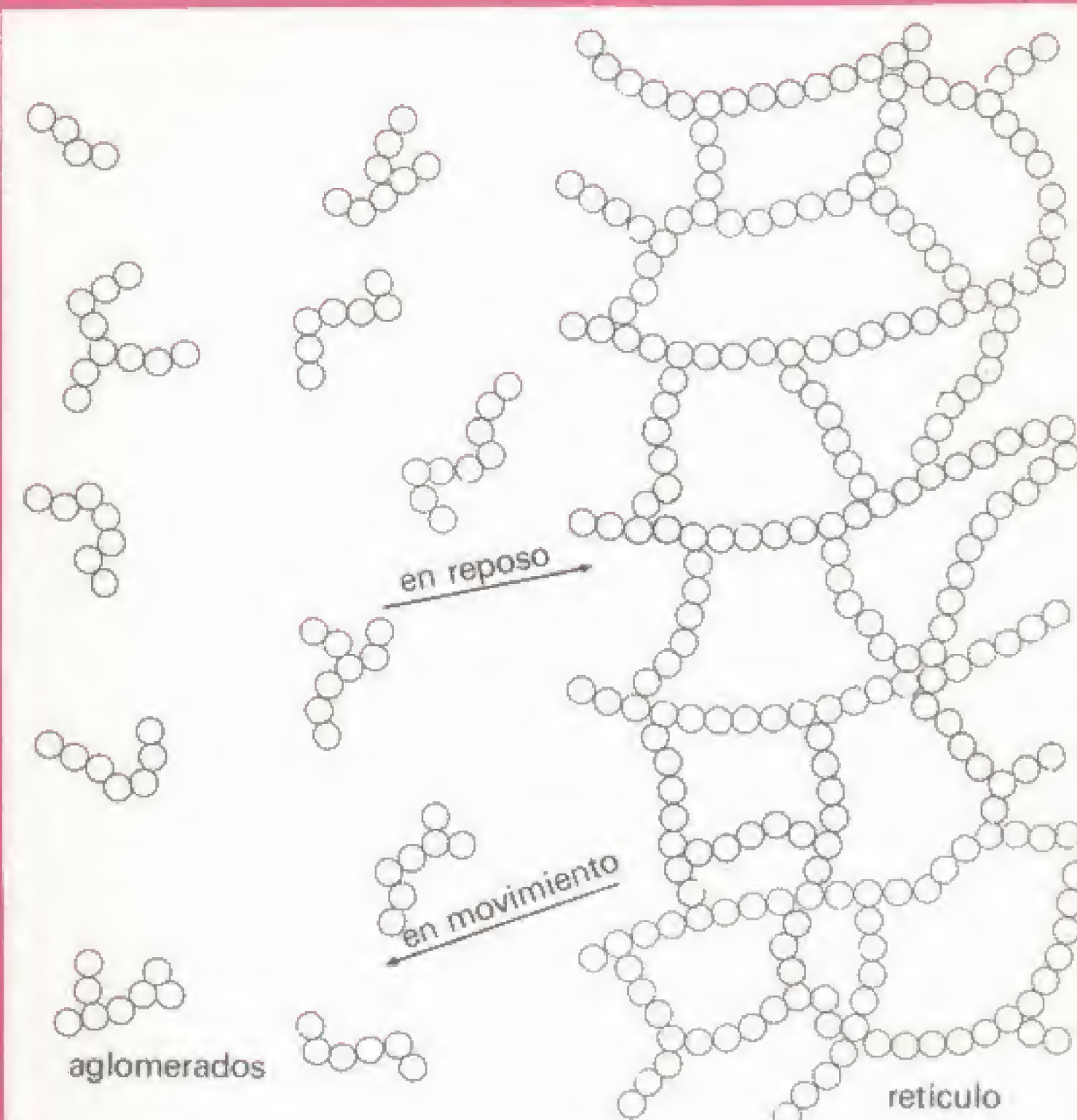
petróleo	0,65
agua	1,0
mercurio	1,5
zumo de pomelo	2 — 5
sangre (a 37 °C)	4 — 15
crema	≈ 10
aceite de oliva	≈ 10 ²
miel	≈ 10 ⁴
pez	≈ 10 ⁶
asfalto	≈ 10 ⁸

En la tabla de abajo (derecha) se muestran las viscosidades cinemáticas de algunos aceites lubricantes de uso industrial. Estos datos son fundamentales para la selección del aceite más apropiado para cada parte de una máquina. En la tabla de arriba, algunos valores típicos de la viscosidad de diversas sustancias, expresados en unidades internacionales. Como se puede observar, estos datos se corresponden bastante bien con la idea

impropia de densidad que solemos tener, y que más rigurosamente debería ser sustituida por la de fluidez. En efecto, esta última está más ligada al movimiento de los fluidos, cuya velocidad depende de la viscosidad, como podemos observar en las cuatro fotografías de la derecha, en las que se muestra la fluidez de la miel, de un aceite lubricante, de un barniz y la inmersión de una sonda rotatoria en el interior de un líquido viscoso.

Fluidos El término fluido abarca tanto los líquidos como los gases, a pesar de las grandes diferencias que existen entre ambos; así, los líquidos tienen un volumen propio, se adaptan a la geometría del recipiente que los contiene (aunque esté abierto), son relativamente poco compresibles y la distancia media entre sus moléculas es muy pequeña, razón por la cual las fuerzas de conexión entre ellas son muy elevadas. Los gases, por el contrario, no tienen volumen propio, dado que las fuerzas de conexión entre sus moléculas son muy pequeñas e incapaces de evitar que el gas se disperse hasta el infinito (siempre que no esté contenido dentro de un recipiente cerrado); además, los gases son extremadamente comprimibles.

Sin embargo, todos los fluidos se caracterizan por un cierto grado de viscosidad, que depende de la estructura de sus moléculas. Los valores de la viscosidad, entre los fluidos, oscilan dentro de un intervalo muy amplio; así, mientras que la viscosidad del aire es bajísima, la del vidrio es casi infinita. También la temperatura influye notablemente en la viscosidad de los fluidos. Pero mientras que la interacción entre las moléculas de un líquido es mayor a bajas temperaturas, lo que significa que los líquidos fríos son más viscosos que los líquidos calientes, en los gases, por el contrario, las altas temperaturas favorecen la interacción molecular, de



Esquema del comportamiento tixotrópico de las partículas. Con la aceleración generada por el arrastre, los agregados moleculares se fraccionan en unidades de menor tamaño, provocando una disminución de la viscosidad.

VISCOSIDAD DE LUBRICANTES PARA DISTINTOS USOS

Aplicaciones	Viscosidad a 25 °C (centistokes)	Función
aceites para motores de automóviles		
SAE 10 W	60 — 90	lubricación de las partes del motor, refrigeración, protección de los depósitos
SAE 20 W	90 — 180	
SAE 30 W	180 — 280	
SAE 40 W	280 — 450	
SAE 50 W	450 — 800	
aceites para engranajes		
SAE 80	100 — 400	reducción de rozamientos, protección de las partes metálicas, refrigeración
SAE 90	400 — 1000	
SAE 140	1000 — 2200	
aceites para motores de aviación	220 — 700	las mismas de los aceites para automóviles
fluidos para frenos hidráulicos	35	transmiten potencia
aceites para frigoríficos	30 — 260	lubrican la bomba del compresor
aceites para turbinas de vapor	55 — 300	lubrican los engranajes, enfrían
aceites para cilindros a vapor	1500 — 3300	lubrican en presencia de vapor a altas temperaturas

forma que los gases son más viscosos cuanto más calientes están.

Importancia de la viscosidad El conocimiento de la viscosidad de un fluido tiene gran importancia de cara a predecir cuál será su comportamiento en diversos procesos, como pueden ser la conducción a lo largo de tuberías, el rociado, el estampado por inyección a presión y el revestimiento de superficies.

Una oportuna modificación en la composición de un fluido puede hacer que éste presente diversos grados de viscosi-

dad según varíe, por ejemplo, la temperatura. Este es el caso de los aceites para automóviles, cuya composición está estudiada para presentar un bajo grado de viscosidad durante la época invernal, de forma que el aceite discorra con fluidez y lubrique bien el motor incluso si las temperaturas alcanzan valores muy bajos. En general, la viscosidad de los líquidos es una propiedad importante desde el punto de vista técnico, especialmente en la industria del petróleo y sus derivados.

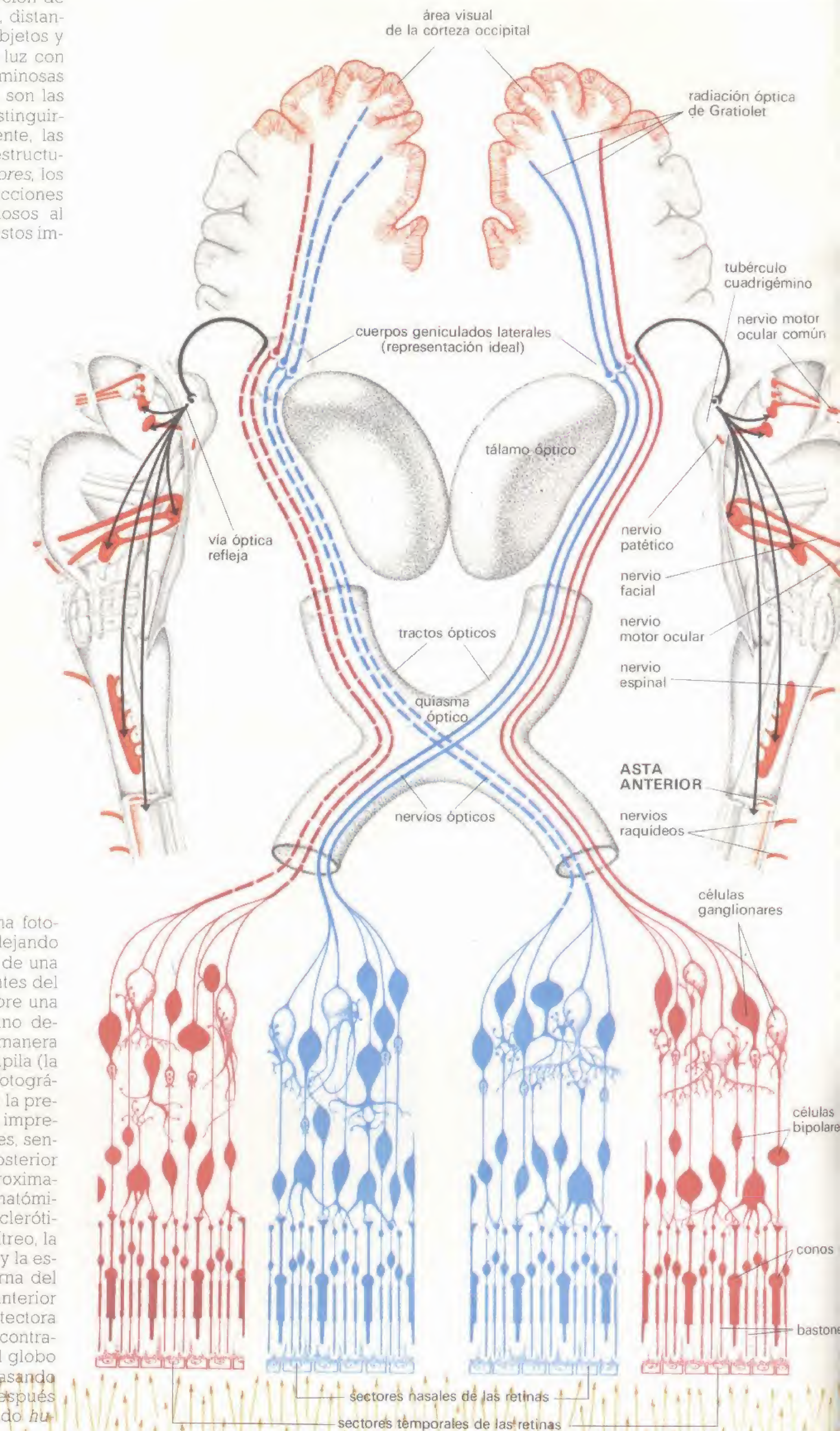
Véase **Lubricantes; Materia; Materia, estados y cambios de estado; Tensión superficial**

Visión

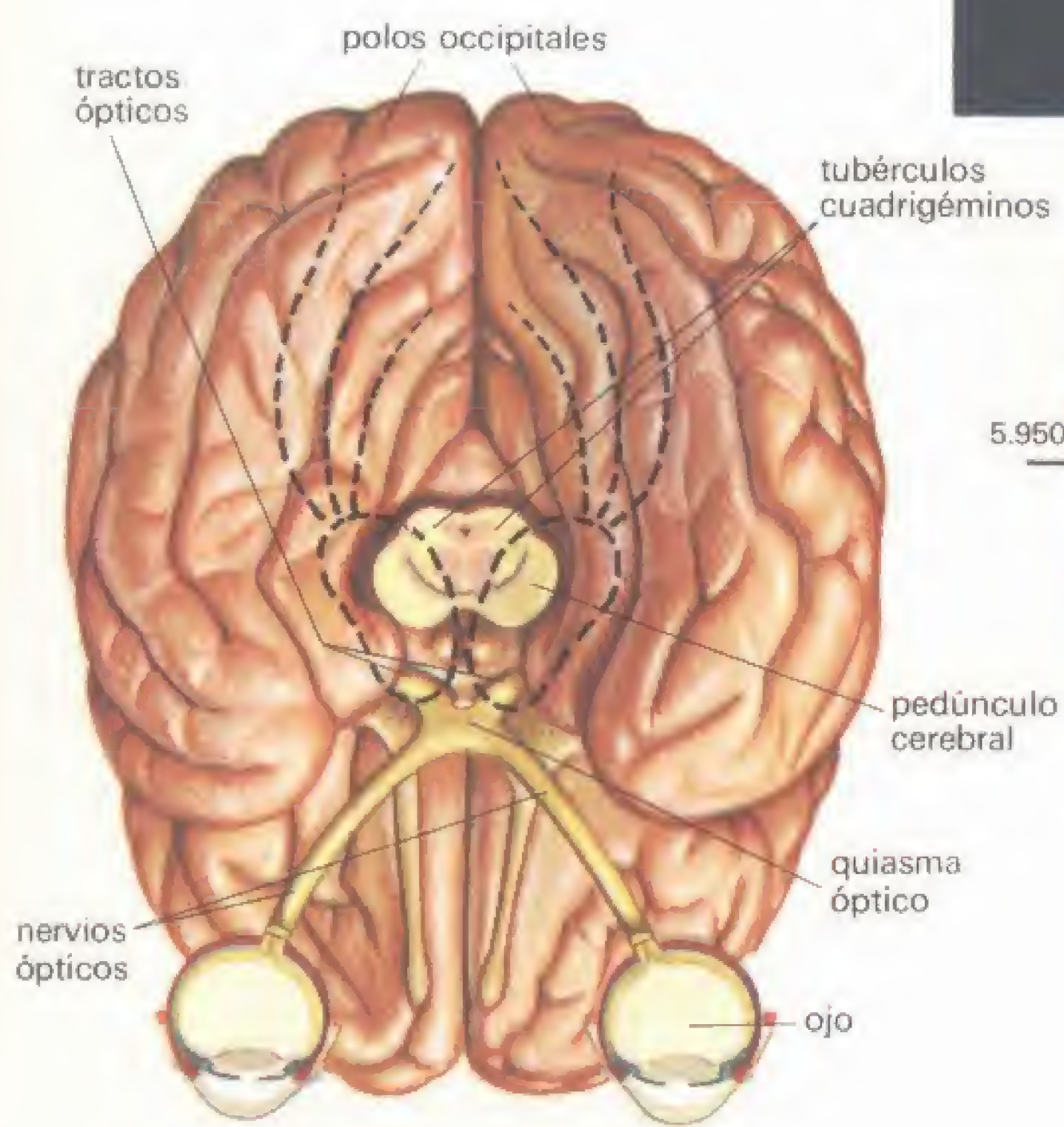
La visión consiste en la percepción de formas, colores, dimensiones, distancias y movimientos de todos los objetos y superficies que reflejan o emiten luz con distinta intensidad. Las ondas luminosas que emiten o reflejan los objetos son las responsables de que podamos distinguirlos. En nuestros ojos, efectivamente, las ondas luminosas alcanzan unas estructuras especializadas, los *fotorreceptores*, los cuales, mediante una serie de reacciones químicas, envían impulsos nerviosos al cerebro que, a su vez, transforma estos impulsos en imágenes y formas.

Junto a estas líneas, esquema que representa la estructura completa de las vías visuales; en los dos cortes que aparecen, del tronco encefálico y de parte de la médula espinal, respectivamente, el color rojo destaca los núcleos a los que con mayor probabilidad llegan las fibras de las vías visuales reflejas y los nervios que de ellos parten llevando a los músculos los impulsos para la rotación de la cabeza o del tronco, los movimientos de los ojos y el cierre de los párpados consiguiente a impresiones visuales, que pueden ser así coordinadas. En la página siguiente, en el centro, base del cerebro y glóbulos oculares.

La visión humana Una máquina fotográfica puede captar una imagen dejando entrar una porción de luz a través de una delgada abertura. El sistema de lentes del objetivo hace converger la luz sobre una película fotosensible. El ojo humano desempeña su función visual de una manera similar: la luz pasa a través de la pupila (la pequeña abertura de la máquina fotográfica), los rayos convergen gracias a la presencia del cristalino y, finalmente, impresionan la retina fotosensible (esto es, sensible a la luz) situada en la parte posterior del ojo. El ojo tiene una forma aproximadamente esférica. Las estructuras anatómicas principales son la córnea, la esclerótica, el iris, el cristalino, el cuerpo vítreo, la retina y el nervio óptico. La córnea y la esclerótica forman la capa más externa del ojo. La *córnea*, situada en la parte anterior del ojo, constituye una ventana protectora transparente. La *esclerótica*, por el contrario, es opaca y recubre el resto del globo ocular. La luz penetra en el ojo, pasando primero a través de la córnea y después a través de un líquido claro, llamado *hu-*

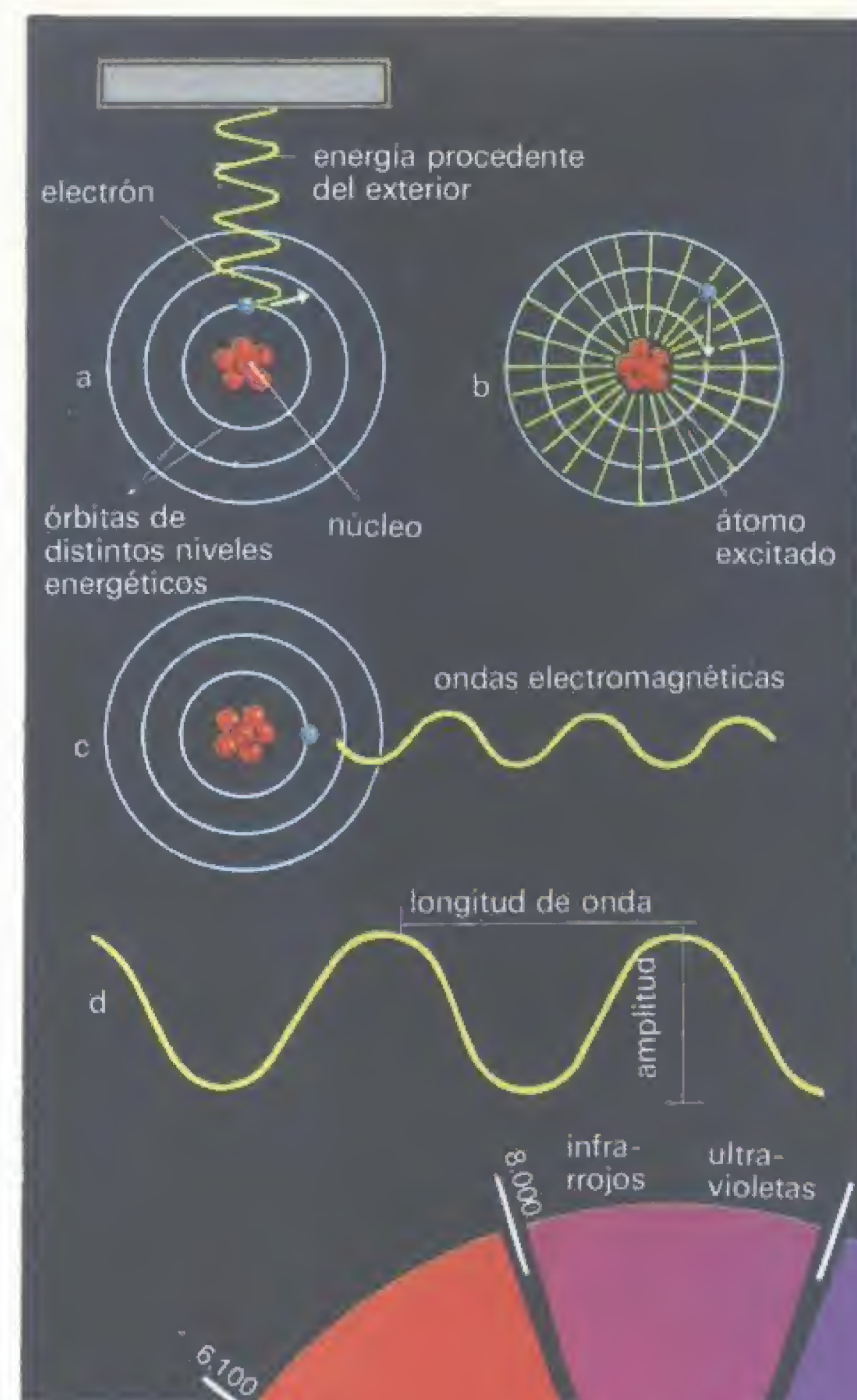


mor acuoso, antes de atravesar la *pupila*, que es una abertura que deja el iris. El *iris*, que puede ser de color azul, marrón o negro (o una mezcla de estos colores), controla la abertura de la pupila, determinando la cantidad de luz que puede entrar en el ojo (la pupila aparece negra cuando refleja una escasa o nula cantidad de luz del interior del ojo). La luz pasa a través de la pupila y converge al atravesar el cristalino. A continuación, la luz debe atravesar el *cuerpo vítreo*, una sustancia clara y similar a la gelatina que llena el interior del ojo, antes de llegar a la retina fotosensible. La *retina* es la parte más compleja del ojo. Las reacciones químicas desencadenadas por la luz que alcanza la retina se transforman en impulsos eléctricos que se propagan por el nervio óptico. Los nervios ópticos de ambos ojos se reúnen formando el llamado *quiasma óptico*, en la parte anterior del cerebro. Aquí confluyen los impulsos procedentes de la parte izquierda de cada ojo y se dirigen hacia el hemisferio izquierdo del cerebro, mientras que los impulsos de las partes derechas de cada ojo van al hemisferio derecho. El cerebro, posteriormente, elabora los impulsos recibidos, transformándolos en imágenes y dándoles una visión binocular y tri-

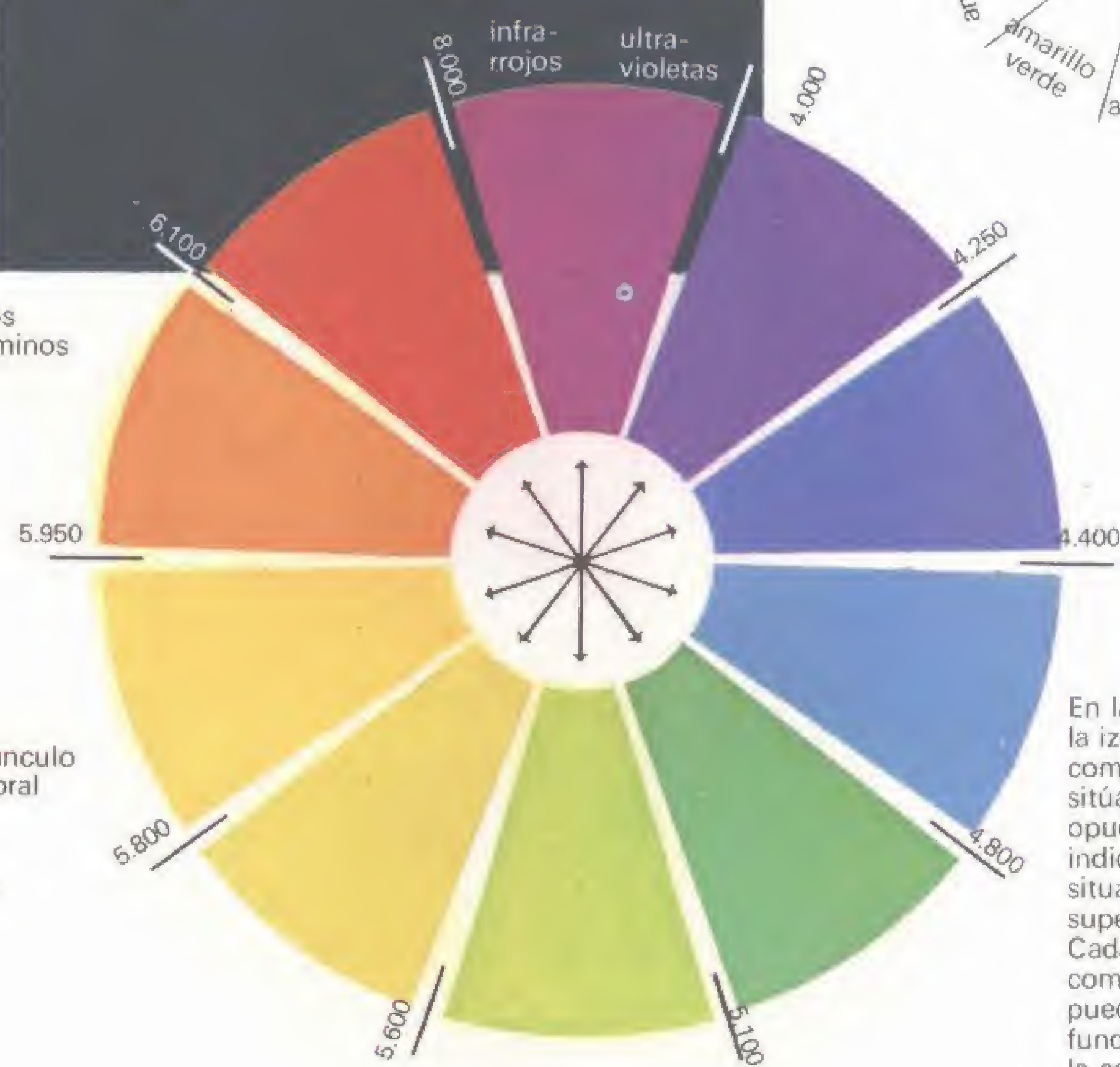


dimensional. El sentido de la vista del hombre es tridimensional, debido a que nuestros ojos ven de un modo estereoscópico, es decir, un mismo objeto es observado por ambos ojos bajo ángulos ligeramente distintos, y la combinación de estas dos angulaciones en una única imagen da lugar a una visión tridimensional. La imagen que alcanza la retina está invertida (todas las imágenes hechas converger por un solo cristalino resultarán invertidas), pero el cerebro interpreta estas imágenes en su sentido real, de modo que la visión de los objetos es la correcta.

Existen muchos músculos involucrados en el proceso de la visión. Seis músculos controlan los movimientos de los ojos, lo



A la izquierda se representa el origen (a, b, c) y las características particulares (d) de las radiaciones electromagnéticas de las que forman parte las ondas luminosas. Entre los colores fundamentales se pueden individualizar pares de colores complementarios, cuya suma, o combinación, da lugar al blanco.



En la figura de la izquierda, los colores complementarios se sitúan en sectores opuestos, según se indica en el esquema situado en la parte superior de estas líneas. Cada color tiene su complementario, que puede ser un color fundamental o bien la combinación de dos o más de ellos.

que hace posible seguir un objeto en movimiento; otros músculos se ocupan de controlar los párpados, que, cerrándose, protegen los ojos de cuerpos extraños y mantienen húmeda la córnea. Unos músculos muy delgados, unidos al cristalino, controlan la forma de este órgano y, en consecuencia, actúan sobre la convergencia de la luz que entra en el ojo. Esto permite enfocar en la retina tanto los objetos cercanos como los lejanos. La capacidad para enfocar objetos a distintas distancias se conoce como *acomodación*.

Bastones y conos Los más importantes elementos de la retina son las células sensibles a la luz, los denominados conos

y bastones. Los *bastones*, que son más eficaces con luz débil, registran las variaciones de intensidad luminosa, permitiendo así la visión nocturna y los matices del gris, mientras que los *conos*, que actúan mejor con luz más intensa, nos permiten la visión de los colores.

En el centro de la retina existe una zona especializada, la *fóvea*, que sólo contiene conos y que constituye el área de la retina en la que el cristalino hace converger la luz.

Los bastones contienen el pigmento *rodopsina* (o *púrpura visual*), que es una sustancia altamente sensible a la luz, de forma tal que hace a los bastones muy eficientes para la visión nocturna.

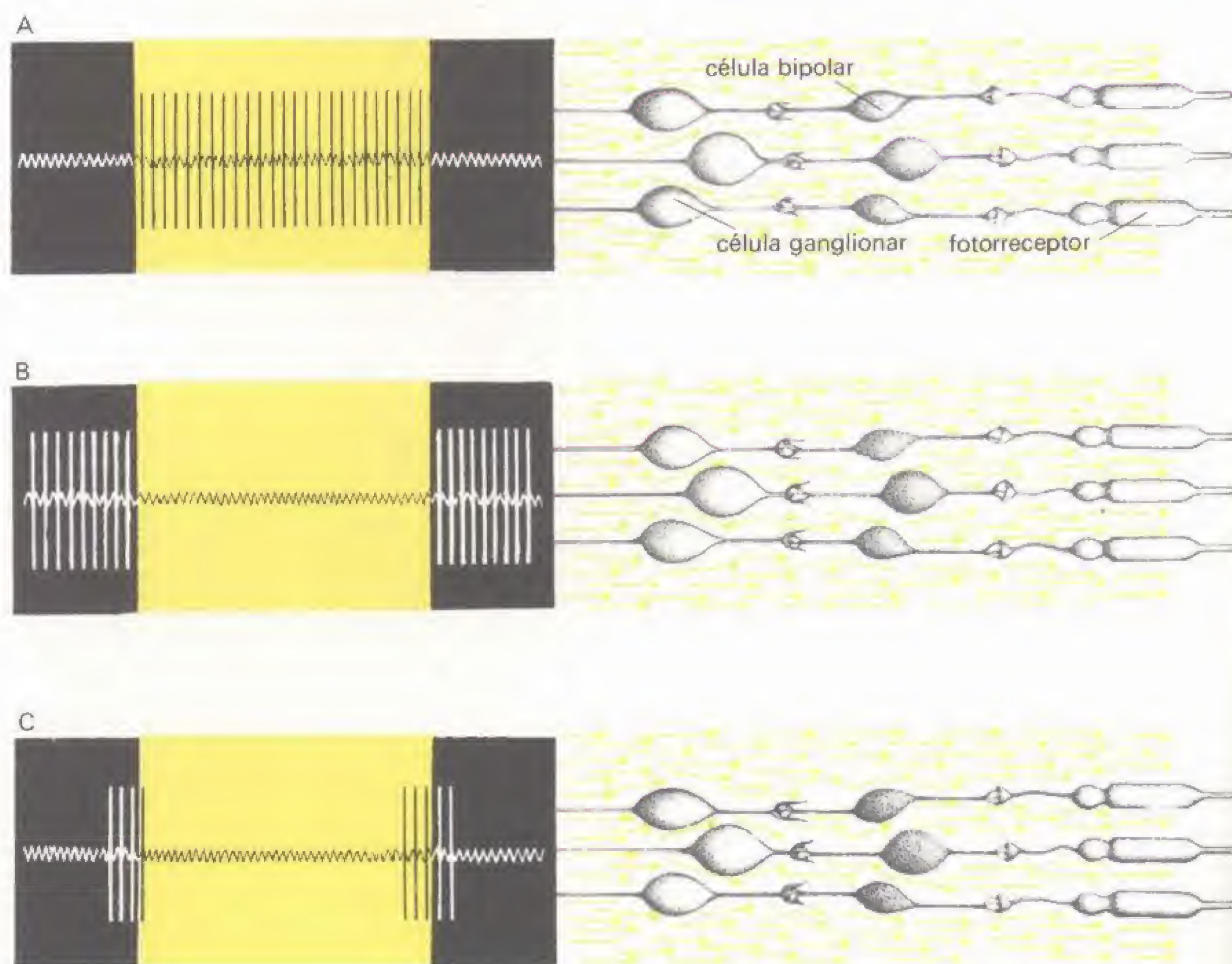
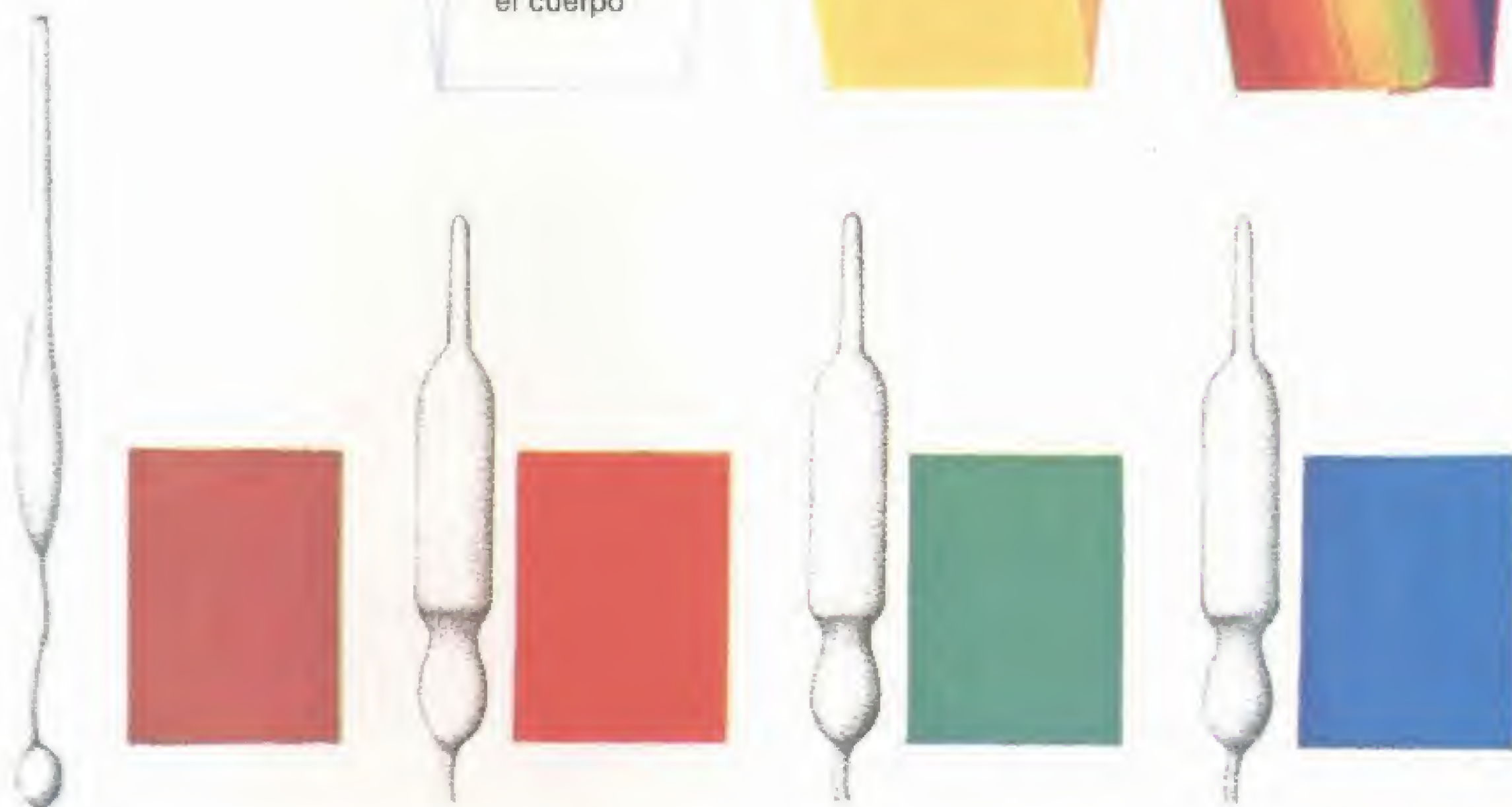
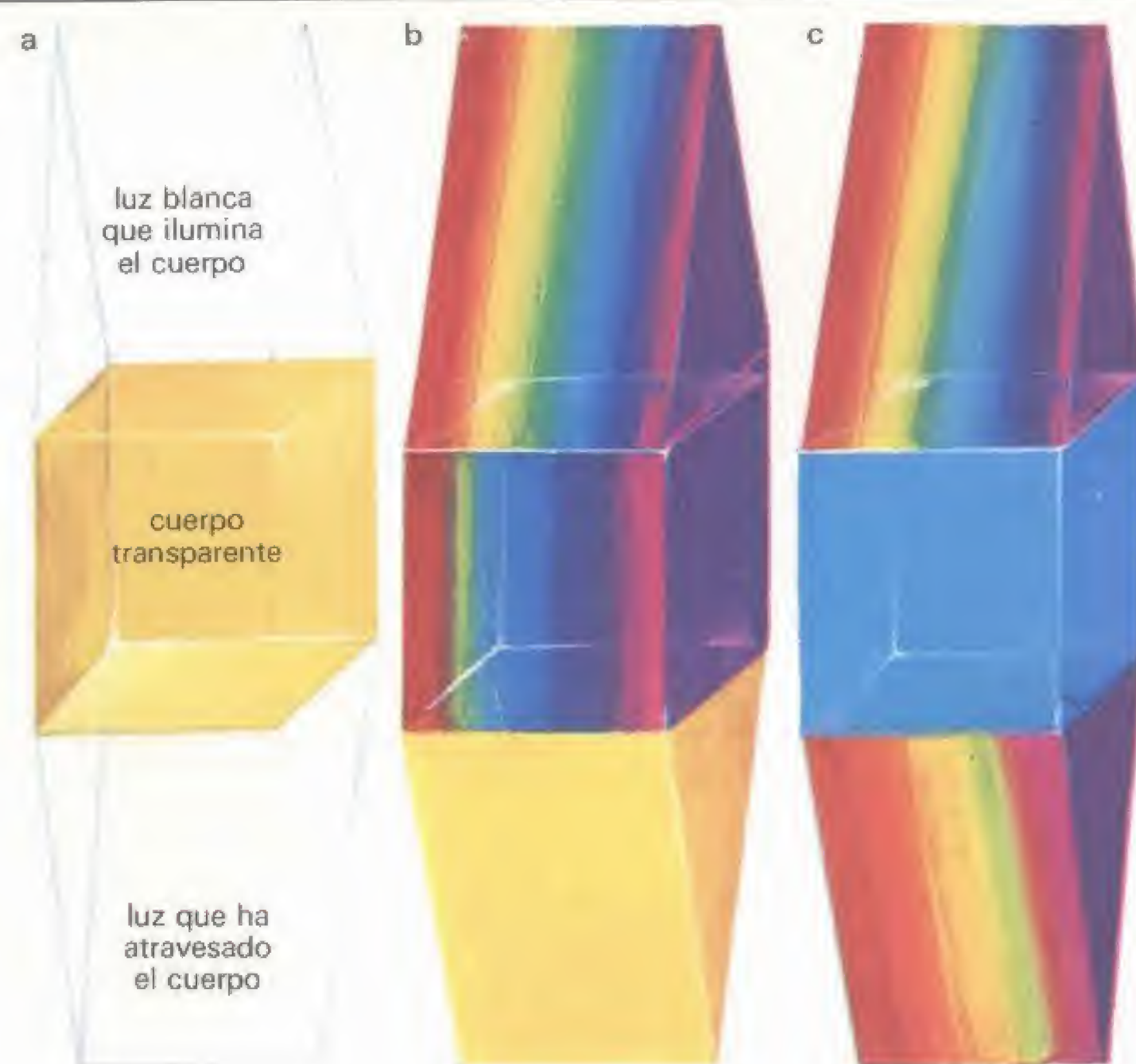
En la oscuridad, el ambiente que nos circunda aparece constituido por sombras grises, no distinguiéndose los colores. Esto tiene lugar porque el pigmento *yodopsina*, contenido en los conos, en presencia de escasa luminosidad se hace insensible, por lo que no puede percibirse ningún color.

Cuando la luz afecta a los bastones y conos, los pigmentos se desdoblan en distintos compuestos, produciendo una proteína y vitamina A. Este proceso químico genera impulsos eléctricos que, a través del nervio óptico, se propagan al cerebro. En el punto en el que el nervio óptico sale del globo ocular, zona conocida como *punto ciego*, no existen ni conos ni bastones, no habiendo, por tanto, visión.

Dado que hasta ahora nadie ha sido capaz de establecer con exactitud cómo se lleva a cabo la percepción y diferenciación de los colores, se admite ampliamente la teoría de Thomas Young y H. L. F. Helmholtz, desarrollada en el siglo XIX. Según esta teoría se perciben tres colores básicos, rojo, verde y azul, a través de tres tipos diferentes de conos, cada uno de los cuales puede ser estimulado por su propio color. De este modo, tonalidades de colores, como el púrpura o el amarillo, pueden ser percibidas cuando se estimulan conos según combinaciones diversas; el blanco se percibe mediante la estimulación de los tres tipos de conos; el negro es el resultado de la ausencia de estímulo.

La visión de otros animales La mayoría de los vertebrados posee ojos que, como los del hombre, enfocan los objetos formando una visión tridimensional y estereoscópica. Sin embargo, a pesar de tales semejanzas, existen importantes diferencias. Por ejemplo, mientras que el hombre controla la focalización en el interior del ojo alterando la curvatura del cristalino, algunos animales, como las serpientes, cambian el foco moviendo el cristalino hacia delante y hacia atrás en el ojo (como el objetivo de una máquina fotográfica). Para controlar su foco, el caballo dispone de una retina con zonas separadas a diferentes distancias del cristalino. Cada una de estas zonas es capaz de enfocar un objeto a distancias específicas. En los invertebrados existen muchas otras formas de fotorrecepción que van desde la mancha ocular al ojo compuesto. Las manchas oculares representan las formas más primitivas de fotorreceptores. Se trata de células sensibles a la luz que se encuentran en la piel de algunos animales, como los gusanos planos, que reaccionan a la luz alejándose o acercándose a la misma. Los ojos compuestos de los insectos están constituidos por un conjunto de numerosos *omatidios*, ojos elementales de forma hexagonal o rectangular unidos entre sí. Cada uno de tales *omatidios* es esencialmente un ojo, con un cristalino que enfoca la luz y un elemento sensible, llamado *ragdoma*, que la recibe. El cerebro del insecto, seguidamente, integra parcialmente estas imágenes múltiples, elaborando

Junto a estas líneas, si la luz solar ilumina un cuerpo amarillo (a), éste aparece de tal color porque refleja la luz amarilla, mientras que absorbe las otras radiaciones visibles (b), o porque absorbe el añil, complementario del amarillo (c). Abajo, bastones y representación de la púrpura visual. En la parte inferior de la página: A, células ganglionares excitadas por un rayo de luz; B, células en actividad sólo en ausencia de luz; C, otras células que actúan cuando comienza y acaba la exposición a la luz.

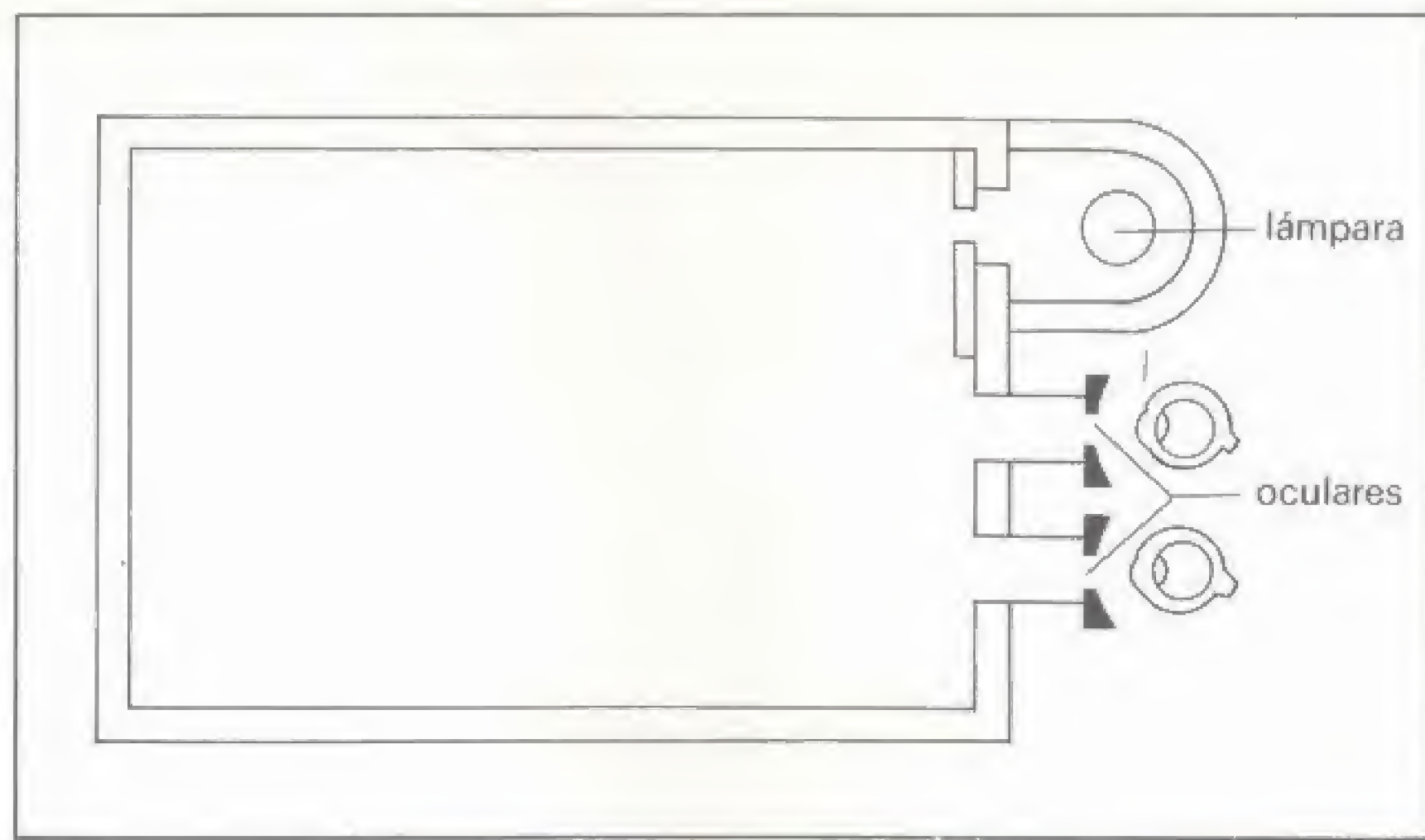


un mosaico de imágenes parciales. Los ojos compuestos producen imágenes pobres y no pueden distinguir objetos pequeños o distantes: sin embargo, son excelentes para la percepción de movimientos breves y de resplandores de luz.

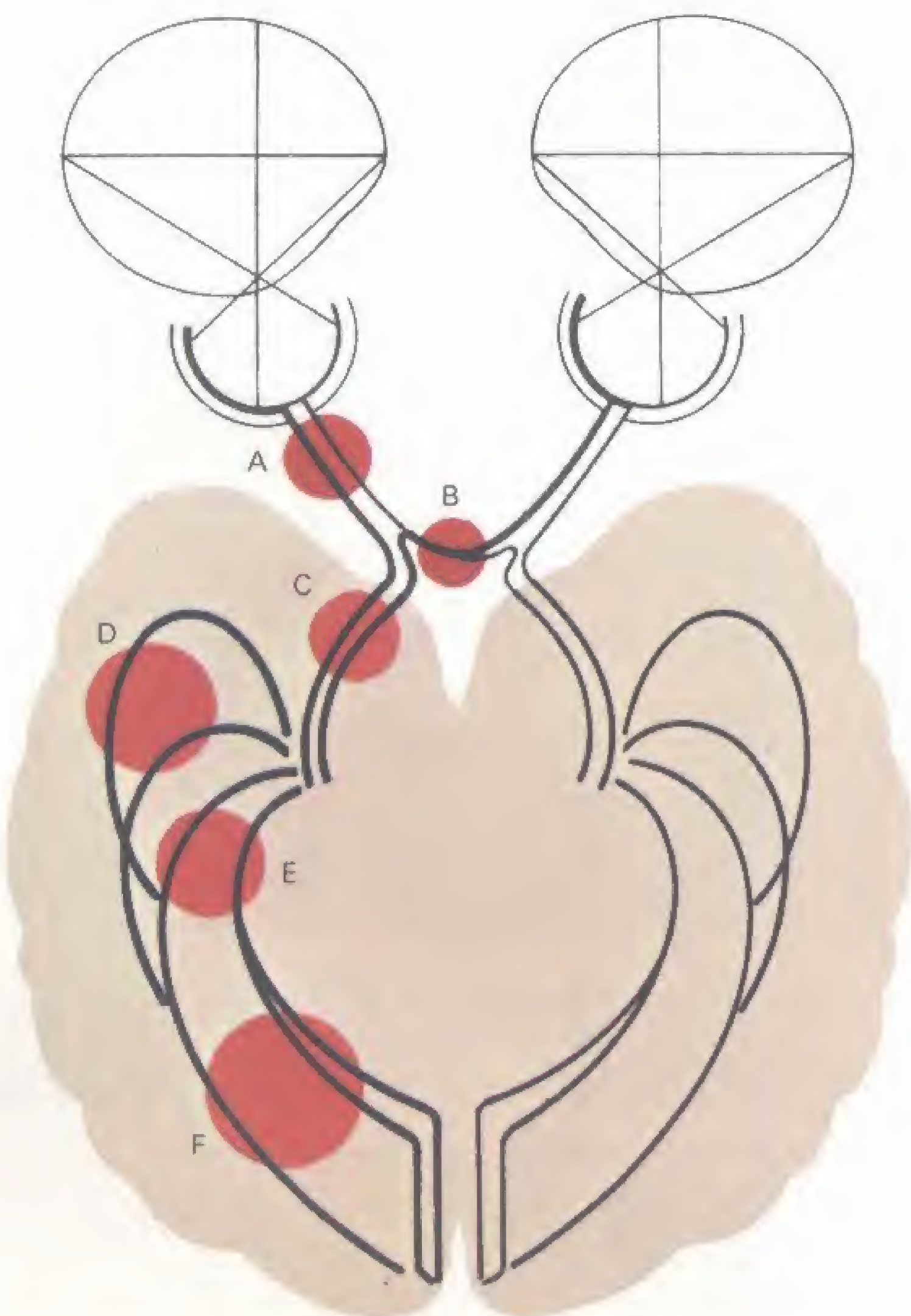
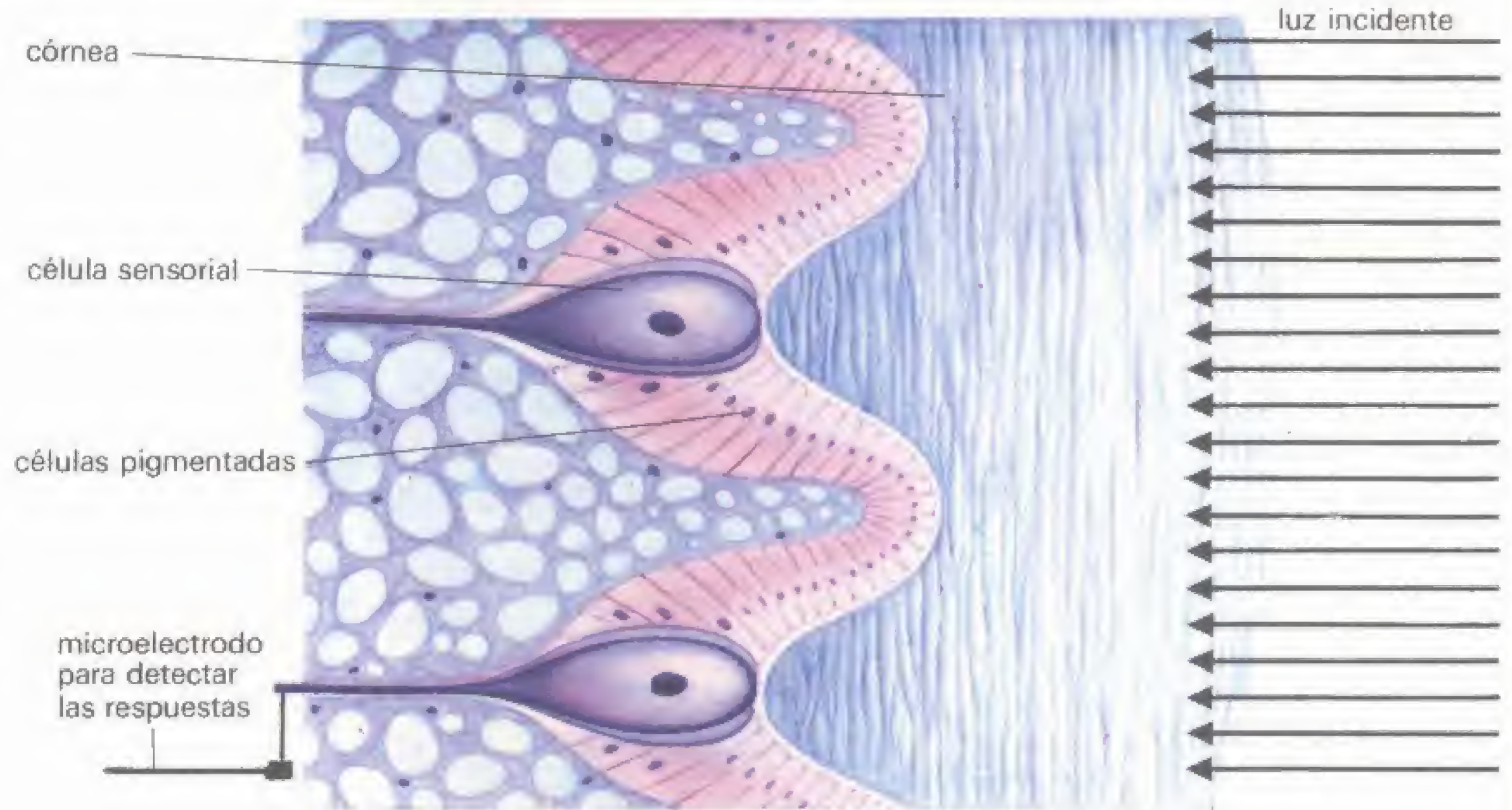
Enfermedades frecuentes En el ojo humano, las dos enfermedades más frecuentes son la miopía (trastorno de la visión de lejos) y la hipermetropía (trastorno de la visión de cerca). En la *miopía*, el punto en el que el cristalino enfoca los objetos se sitúa delante de la retina, en el cuerpo vítreo, y la imagen llega a la retina de una manera desenfocada y confusa.

En la *hipermetropía*, el punto en el que el cristalino enfoca los objetos se sitúa detrás de la retina y, también en este caso, la imagen alcanza la retina de un modo confuso y desenfocado. Ambos trastornos pueden corregirse mediante el empleo de gafas o lentes de contacto. Otras enfermedades, como el *glaucoma* (un aumento de la presión del líquido en el interior del ojo que puede llevar a la pérdida de la visión), son mucho más serias y pueden requerir una intervención quirúrgica. Los ojos son también órganos muy sensibles a las lesiones externas, por lo que es necesario prestar atención y protegerse con gafas adecuadas, en especial en aquellas actividades que puedan representar algún peligro para los ojos.

Véase **Cerebro; Ojo**



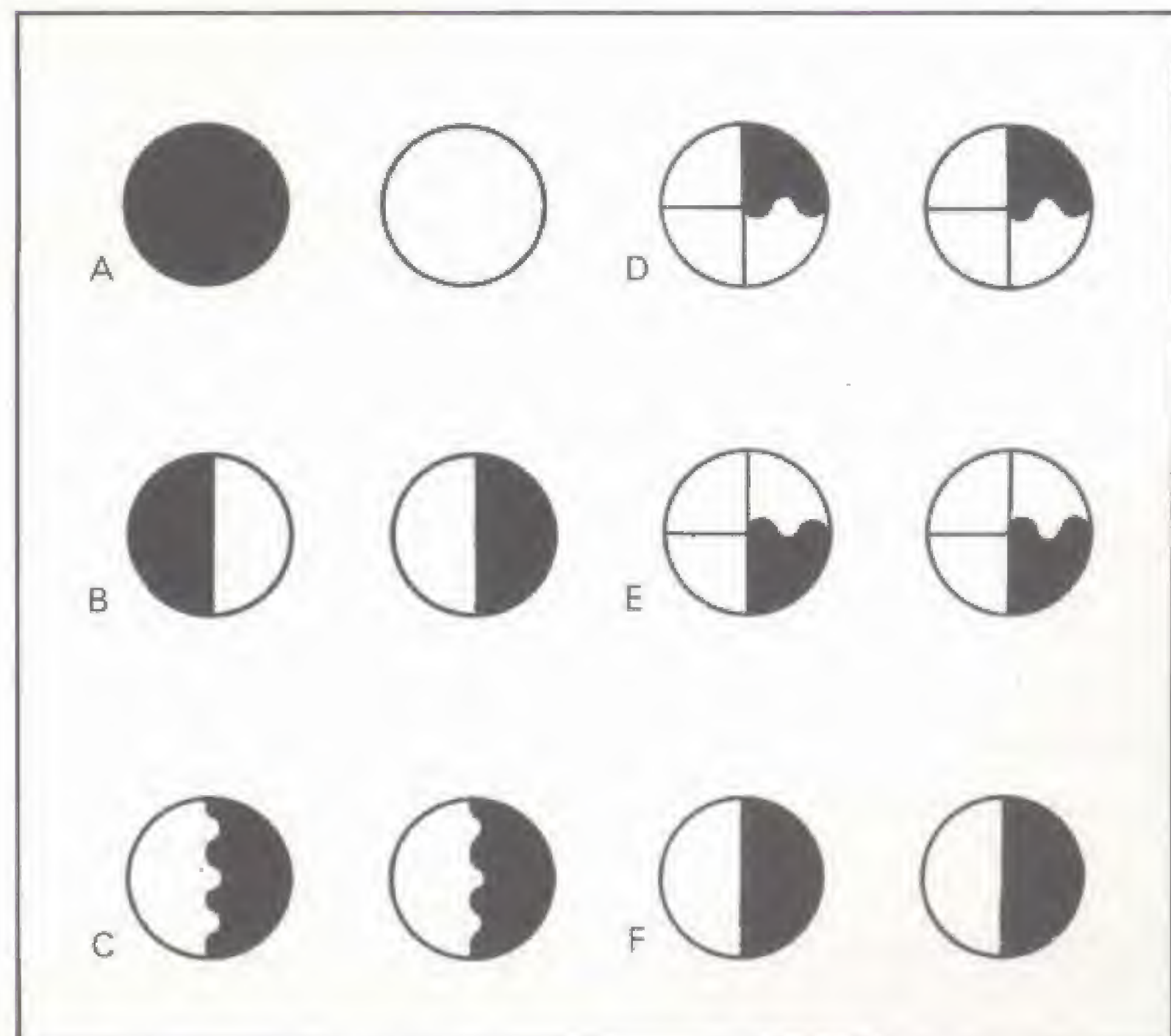
A la izquierda, esquema del fotómetro de Förster. Bajo estas líneas, dispositivo experimental para observar el mecanismo de la visión en el *Limulus* mediante la introducción de microelectrodos en el nervio óptico.



Abajo: lesiones y reducciones del campo visual. En (A), lesiones del nervio óptico y ceguera del lado correspondiente; en (B), una lesión en el quiasma provoca hemianopsia bitemporal; en (C) la lesión de la cintilla óptica izquierda ocasiona una hemianopsia derecha; en (D), la lesión del

haz inferior de las radiaciones ópticas del lado izquierdo origina hemianopsia en el cuadrante superior derecho; en (E), la lesión del haz superior de las radiaciones ópticas de la izquierda causa una hemianopsia en el cuadrante inferior derecho; en (F), la lesión de los dos haces de las

radiaciones ópticas del lado izquierdo provoca una hemianopsia homónima derecha. La vía óptica refleja permite la ejecución de los movimientos visuales reflejos, muy útiles para la defensa del organismo de eventuales traumatismos que resultarían peligrosos para su supervivencia.



Visualizadores digitales

Desde mediados de los años sesenta, la tecnología moderna se ha ido alejando progresivamente de los dispositivos electromecánicos, en los que una señal eléctrica producía un movimiento mecánico, y ha ido sustituyéndolos por dispositivos totalmente electrónicos que no tienen partes mecánicas móviles y, por tanto, se desgastan mucho menos.

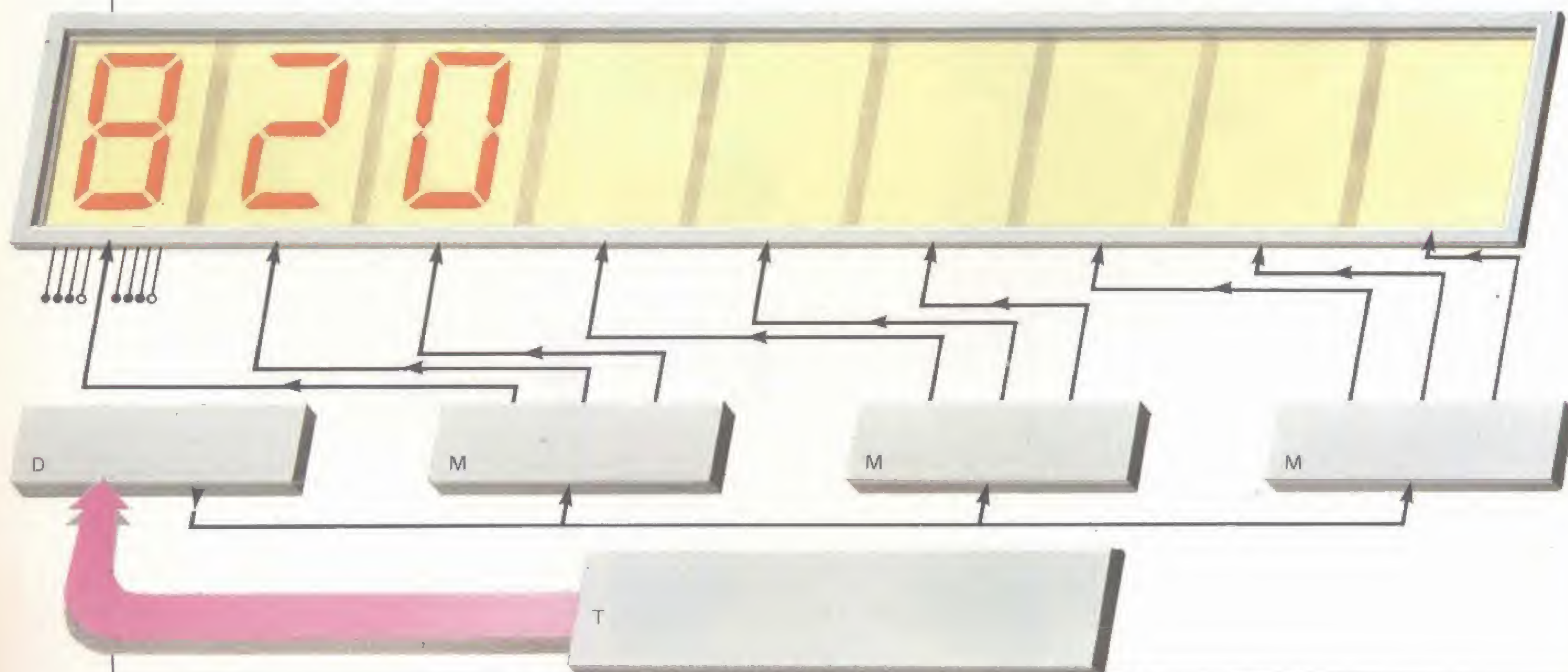
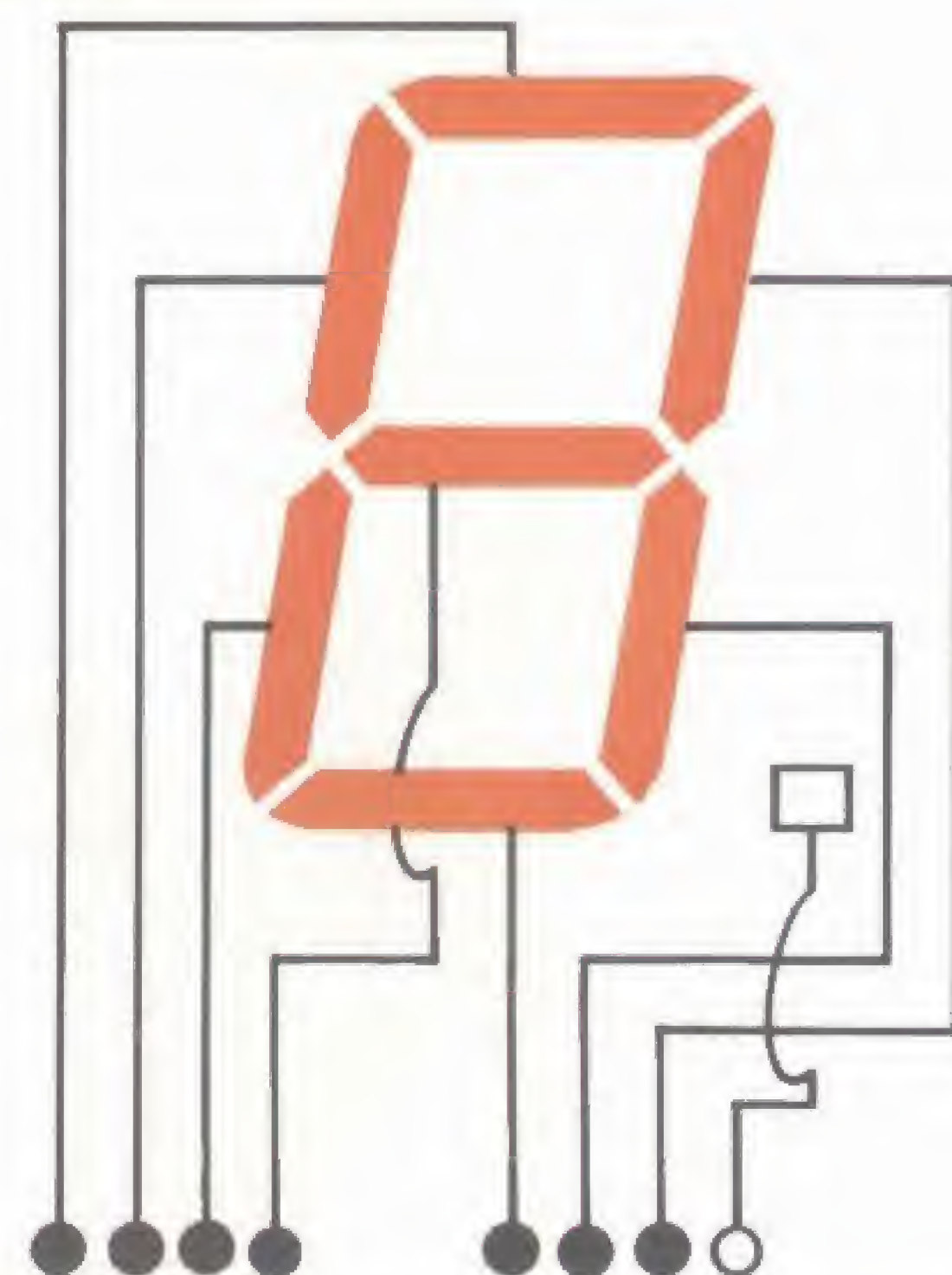
Uno de estos dispositivos electrónicos es el visualizador digital o pantalla numérica, que presenta una serie de cifras (y a veces letras) de fácil lectura, y que se utiliza en todas las calculadoras de bolsillo, en muchos relojes electrónicos y en una gran variedad de aparatos e instrumentos industriales y científicos.

Elementos del visualizador digital Los visualizadores tienen que estar conectados a un sistema digital que proporcione la información a representar. El sistema digital puede generar los datos directamente, como en el caso de un ordenador o de los circuitos de un reloj, o bien dar forma digital a los datos proporcionados por otra fuente (sensor de temperatura, de presión, tacómetro de automóvil).

En cualquier caso, los datos tienen que estar en forma digital, ya que los elementos visibles de la pantalla, formados por diodos de emisión luminosa (LED) o de cristal líquido, están controlados por circuitos integrados digitales. Los circuitos digitales utilizan el sistema binario para representar por medio de dos números (el 0 y el 1) todas las cifras y símbolos. Los datos en forma binaria pasan a través de circuitos que los convierten al código destinado a activar algunos de los siete segmentos que forman cada posible cifra de la pantalla. Los siete segmentos con los que se pueden representar todas las cifras del sistema numérico decimal están colocados formando dos cuadrados, situados uno encima del otro con el segmento central común. Cada uno de los segmen-

Arriba, visualizador de un reloj digital de pulsera. El mismo tipo de visualizador se utiliza también en calculadoras y en muchos tipos de instrumentos. A la derecha, la formación de una cifra con siete segmentos y sus conexiones. La secuencia lógica de las señales que "escriben" el número es independiente de si se presenta a través de un visualizador de LED o de cristal líquido. Cada uno de los segmentos se hace visible cuando se le aplica una tensión a través del conductor respectivo, de forma que al elegir los conductores para aplicar la tensión, se elige el número. En este caso tienen

tensión los conductores de color oscuro, con lo que se forma un ocho. Debajo se muestra el funcionamiento de un visualizador en el que pueden aparecer secuencias de hasta ocho cifras. Las cifras permanecen encendidas hasta que llegue una orden operativa o de borrado. Normalmente, la unidad de cálculo encuentra el resultado con las cifras codificadas en el sistema que resulta más sencillo, que en general es el código decimal codificado en binario (BCD). Por este motivo es necesario en primer lugar traducir las cifras del código BCD a la combinación de segmentos que formen los números.



tos tiene una alimentación independiente, controlada por el circuito conversor de código. Cuando se quiere representar en la pantalla letras y cifras, indistintamente, se tienen que utilizar más segmentos, siendo lo más común usar doce segmentos.

Diodo de emisión luminosa Los diodos de emisión luminosa (LED) fueron los primeros elementos utilizados en los visualizadores de relojes digitales y de calculadoras de bolsillo. Son pequeños dispositivos de material semiconductor que se iluminan cuando circula por ellos una corriente eléctrica: el paso continuo de miles de millones de electrones por se-

gundo emite fotones, de cuya energía depende el color de la luz.

Cristal líquido Para evitar el problema del consumo de corriente eléctrica se desarrollaron los visualizadores de cristal líquido, que no emiten luz, sino que se basan en el reflejo de la luz ambiental. Los cristales líquidos están formados por un material que a temperatura ambiente tiene un estado entre sólido y líquido, por lo que las moléculas que lo forman se pueden mover orientándose en uno u otro sentido. De esta forma, al aplicar una tensión eléctrica a los finísimos electrodos transparentes que están sobre el cristal lí-

quido, se obtiene la orientación de las moléculas en uno de los dos sentidos, con lo que la luz se refleja, o deja de hacerlo, en los distintos segmentos, dependiendo en cada caso de la tensión eléctrica aplicada.

La orientación de las moléculas se consigue prácticamente sin consumo de corriente, lo que permite que las pilas de los aparatos portátiles tengan una duración muy larga.

La mayor parte de los visualizadores digitales que se utilizan actualmente son de cristal líquido.

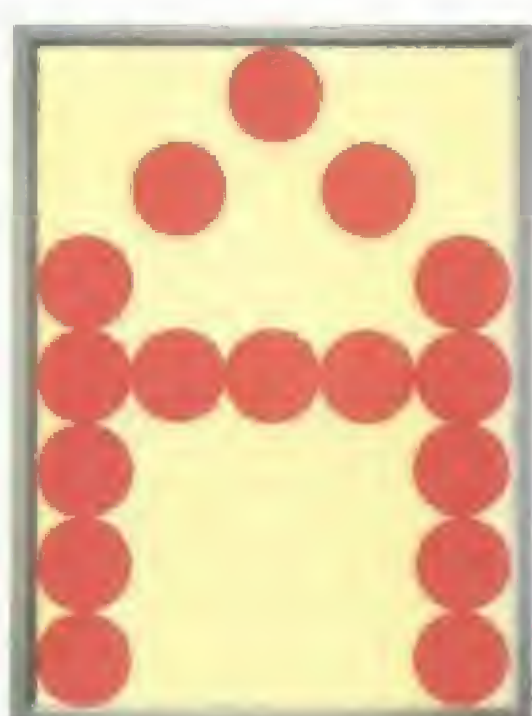
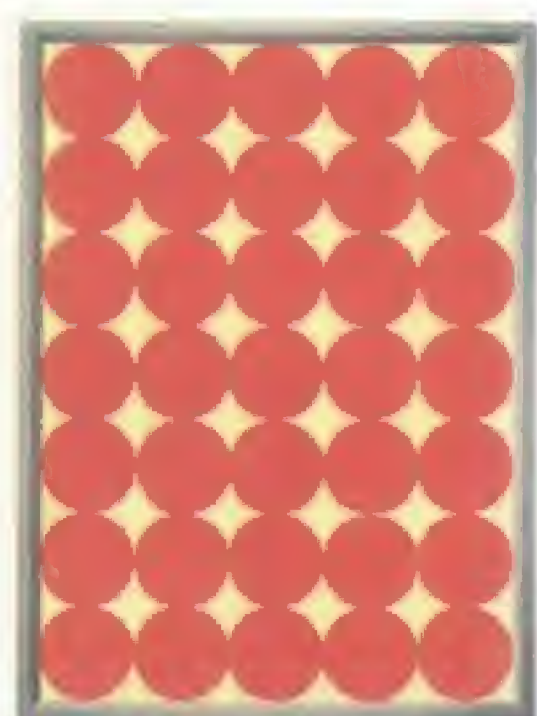
Circuitos de control Existen circuitos integrados que controlan el funcionamiento de los visualizadores digitales, activando los segmentos en función de la cifra que tienen que representar. Estos circuitos tienen, además, la función de traducir la información del código binario o del código BCD (Decimal Codificado en Binario) a las siete señales que controlan cada uno de los segmentos. Así, una vez conectado el visualizador al circuito de control, se puede introducir directamente al sistema la información en el código que se haya elegido. Normalmente, todos los circuitos de control de un visualizador de hasta quince cifras pueden estar incluidos en un único circuito integrado.

Abajo, el circuito T (transductor) se encarga de la conversión del código a la llegada de cada cifra. Las cifras, en su nuevo código, pasan del transductor al circuito D (distribuidor),

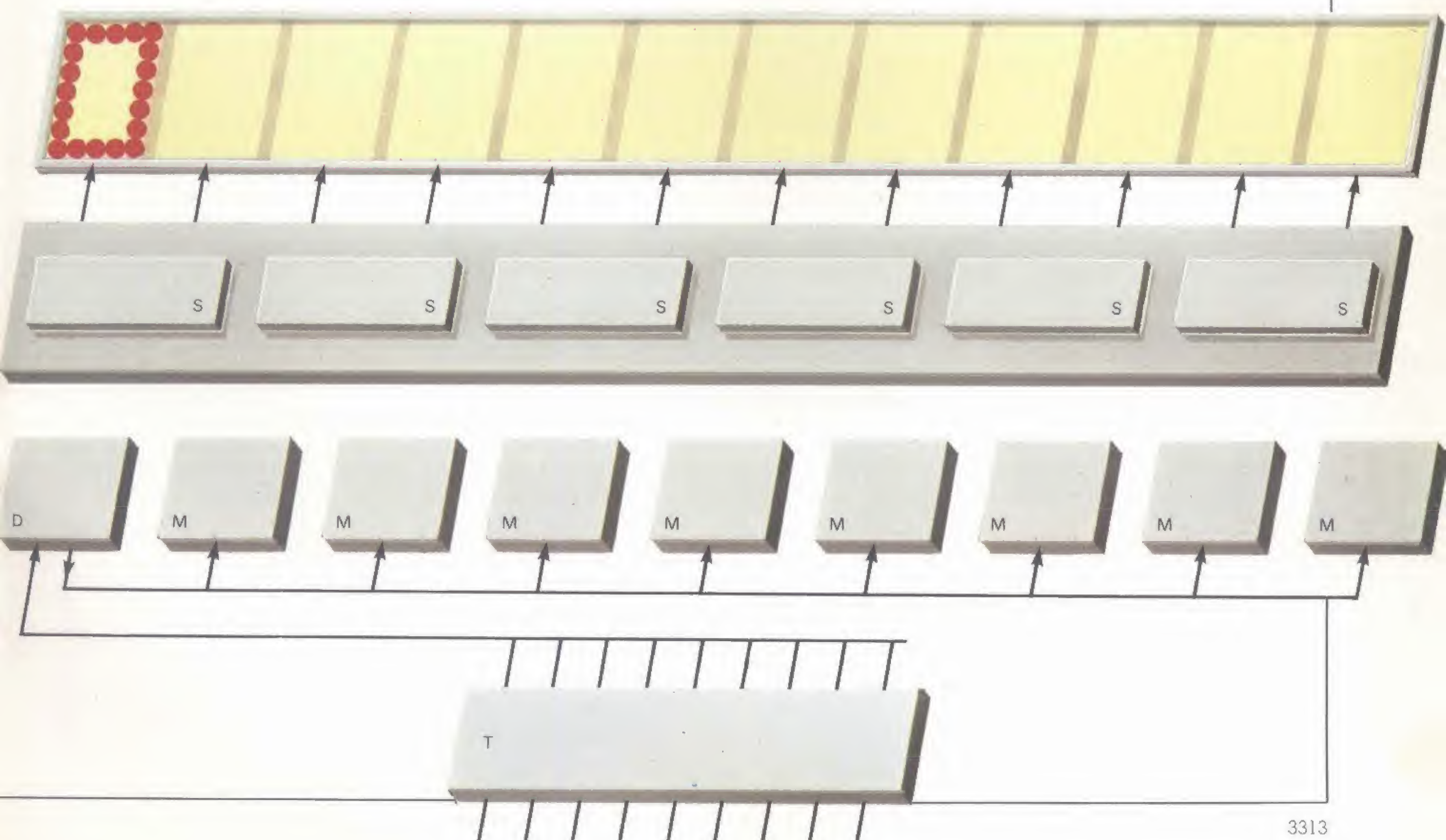
que las manda a los circuitos M (memorias) desde los que se enviarán las señales que harán aparecer los números en el visualizador. Con un visualizador de siete

segmentos no se pueden escribir caracteres alfabéticos, pero para ello existen los elementos de puntos (abajo). La lógica del sistema de escritura tiene la

misma estructura que en los visualizadores de siete segmentos, con circuitos T, D y M. Los circuitos S se utilizan para operaciones de desplazamiento.



Véase Calculadora de bolsillo; Digitalización; Diodo de emisión luminosa (LED); Reloj



Vitaminas

A comienzos del siglo XX, los científicos ya sabían que el valor nutritivo de los alimentos dependía de la cantidad de proteínas, hidratos de carbono, grasas, agua y minerales que contenían. En 1906, el bioquímico inglés F. G. Hopkins descubrió, a través de una serie de trabajos experimentales sobre la alimentación de los animales (trabajos por los que obtuvo el premio Nobel de Medicina en 1929), que los alimentos contienen otras sustancias decididamente importantes para la nutrición. Debido a que no le fue posible identificar la composición química de estas sustancias, les asignó simplemente el nombre de *factores complementarios*. En el año 1911, el bioquímico Casimir Funk denominó a tales sustancias *vitaminas* (del latín *vita*, y el término químico *amina*), tras descubrir que no sólo eran importantes sino totalmente esenciales para la vida. Al año siguiente Funk logró la identificación de las vitaminas B₁, B₂, C y D y estableció, junto a Hopkins, que ciertas enfermedades se debían a la carencia de determinadas vitaminas, descubrimiento fundamental para la Medicina del siglo XX.

En el organismo, las proteínas, los hidratos de carbono y las grasas se combinan con otros compuestos con el fin de producir la energía necesaria para el funcionamiento del propio cuerpo. Estas reacciones químicas se inician (o lo que es lo mismo, son catalizadas) y se desarrollan bajo el control de vitaminas específicas en cada determinada parte del organismo. La

COMPARACION ENTRE LAS NECESIDADES VITAMINICAS DE UN HOMBRE SEDENTARIO Y DE UN HOMBRE ACTIVO

	Hombre sedentario	Hombre activo
Vitaminas hidrosolubles		
B ₁	1,5 mg	de 5 a 10 mg
B ₂	2 mg	de 15 a 70 mg
B ₁₂	3 mg	de 10 a 20 mg
C	80 mg	de 100 a 200 mg
Vitaminas liposolubles		
B ₁	de 1,8 a 2 mg	de 10 a 15 mg
PP	20 mg	de 30 a 50 mg
B ₆	10 mg	de 20 a 30 mg
A	de 2.000 a 6.000 U.I.	50.000 U.I.
D	400 U.I.	actividad nocturna 400 U.I.
E	15 mg	de 30 a 50 mg



Durante el embarazo se incrementan las necesidades de vitaminas liposolubles, que tendrán que abastecer también las necesidades fetales. En concreto, la vitamina K, de la cual es difícil que exista una carencia en los adultos, puede tal vez ser insuficiente en el lactante y en la primera infancia. En lo que concierne a las vitaminas hidrosolubles, las necesidades se incrementan para las vitaminas C, B₁, B₂, B₆ y B₁₂, pero sobre todo para el ácido fólico, para el que se necesita multiplicar por dos la ingestión durante este período. El aumento de las necesidades vitamínicas se extiende también durante el período de lactancia.



Dosis excesivas de vitaminas A y D son potencialmente peligrosas, principalmente en los niños, a causa de su menor peso corporal. Son, sin embargo, dos vitaminas fundamentales en este período y, por lo tanto, su aporte con la dieta debe ser adecuadamente vigilado. En lo que respecta a las vitaminas hidrosolubles, faltan frecuentemente datos precisos sobre las necesidades durante la infancia y la adolescencia. Sin embargo, se considera que una dieta equilibrada y variada, por lo general, cubre suficientemente las necesidades de estas vitaminas.



Aunque se ha hablado, quizá con demasiada frecuencia, de los efectos beneficiosos de las vitaminas liposolubles en el tratamiento de la artritis reumatoide, uno de los problemas más comunes de la tercera edad, los datos experimentales no confirman, sin embargo, los beneficios de las vitaminas A, E y K, mientras que en lo que se refiere a la vitamina D se manifiestan solamente unos efectos muy ligeros. En casos, de estrés continuo, o de ciertos tratamientos terapéuticos, se pueden producir incrementos en las necesidades de vitamina C. Un suplemento de vitamina B₁ y B₆ es además aconsejable. En esta edad, sin embargo, es siempre una buena práctica la de llevar a cabo una dieta muy variada.

Las vitaminas son moléculas orgánicas indispensables para numerosos procesos metabólicos y que, sin embargo, no pueden ser sintetizadas por el organismo (a excepción de algunas, aunque en cantidades insuficientes para las necesidades), por lo que se consideran compuestos esenciales

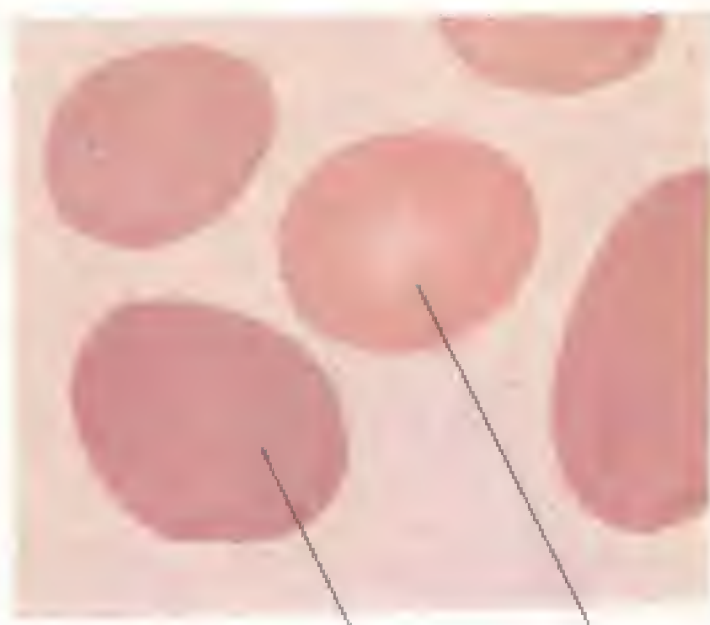
al igual que algunos aminoácidos y ácidos grasos. Desde el punto de vista funcional, las vitaminas se consideran, como las hormonas y los enzimas, compuestos biorreguladores, es decir, moléculas que regulan y coordinan el metabolismo celular tanto como las funciones orgánicas.

LAS PRINCIPALES VITAMINAS

Vitaminas	Dosis diaria aconsejada para un varón adulto sano (en mg)	Fuentes dietéticas	Principales funciones en el organismo	Carencia (consecuencias)	Exceso (consecuencias)
HIDROSOLUBLES					
VITAMINA B ₁ (TIAMINA)	1,2-1,4	cereales integrales, cerdo, vísceras, legumbres	coenzima (tiamina pirofosfato) en las reacciones implicadas en la producción de dióxido de carbono	beri-beri (lesiones en el tejido nervioso, edema, insuficiencia cardíaca)	no se conocen
VITAMINA B ₂ (RIBOFLAVINA)	1,2-1,6	muy difundida en los alimentos	constituyente de dos coenzimas flavin-nucleotídicos en el metabolismo energético	labios enrojecidos, cortaduras en los ángulos de la boca (queriosis), lesiones en los ojos	no se conocen
VITAMINA PP (NIACINA)	15-20	hígado, carnes magras, cereales, legumbres	constituyente de dos coenzimas implicados en reacciones de óxido-reducción	pelagra (lesiones epidémicas y gastrointestinales, trastornos nerviosos y mentales)	rubor, escozor y picor en torno al cuello, cara y manos
VITAMINA B ₆ (PIRIDOXINA)	1,3	carnes, verduras, cereales de grano entero	coenzima (píroxal-fosfato) implicado en el metabolismo de los aminoácidos	irritabilidad, convulsiones, contracciones musculares, dermatitis en la proximidad de los ojos, cálculos renales	no se conocen
ACIDO PANTOTENICO	4-12	muy difundida en los alimentos	constituyente del coenzima A, que desarrolla un papel fundamental en el metabolismo energético	fatiga, sueño agitado, trastornos en la coordinación, náuseas (raras en el hombre)	no se conocen
ACIDO FOLICO	0,2	legumbres, verduras, productos integrales del trigo	coenzima implicado en la transferencia de átomos de carbono en el metabolismo de los ácidos nucleicos y aminoácidos	anemia, trastornos gastrointestinales, diarrea, lengua enrojecida	no se conocen
VITAMINA B ₁₂	0,003	pulpas, huevos, productos lácteos	coenzima implicado en la transferencia de átomos de carbono en el metabolismo de los ácidos nucleicos	anemia perniciosa, trastornos nerviosos	no se conocen
BIOTINA	no establecida la dieta proporciona 0,15-0,3	legumbres, verduras, carnes	coenzima para la síntesis de las grasas, metabolismo de los aminoácidos y formación de glucógeno	fatiga, depresión, náuseas, dermatitis, dolores musculares	no se conocen
VITAMINA C (ACIDO ASCORBICO)	45	agrios, tomates, pimientos, ensaladas verdes	mantiene la matriz intercelular del cartilago, huesos y dentina, importante en la síntesis del colágeno	escorbuto (degeneración de la piel, dientes, vasos sanguíneos, hemorragias epiteliales)	relativamente no tóxico, posibilidad de cálculos renales
LIPOSOLUBLES					
VITAMINA A (RETINOL)	0,750	provitamina A (beta-caroteno) en las verduras verdes, retinol presente en la leche, mantequilla, queso	constituyente de la rodopsina (pigmento visual), mantenimiento de los tejidos epiteliales, actúa en la síntesis de los mucopolisacáridos	xerofthalmia (queratinización de los tejidos oculares), hemeralopía (ceguera crepuscular), ceguera permanente	cefalea, vómito, desolladuras de la piel
VITAMINA D	0,0025 0,01 en el embarazo	aceite de hígado de bacalao, huevos, derivados lácteos	promueve el crecimiento y la mineralización de los huesos, hace aumentar la absorción del calcio	raquitismo (deformaciones de los huesos) en los niños, osteomalacia en los adultos	vómito, diarrea, pérdida de peso
VITAMINA E (TOCOFEROL)	3-15	semillas, verduras verdes, margarina, grasas para repostería	funciona como antitoxico para prevenir daños en la membrana celular	anemia eventual	relativamente no tóxico
VITAMINA K	0,03	verduras verdes, pequeñas cantidades en cereales, frutas y carnes	importante en la coagulación de la sangre (implicada en la formación de la protrombina activa)	carencias condicionadas asociadas a graves hemorragias externas o internas	relativamente no tóxico



A glóbulos rojos normales

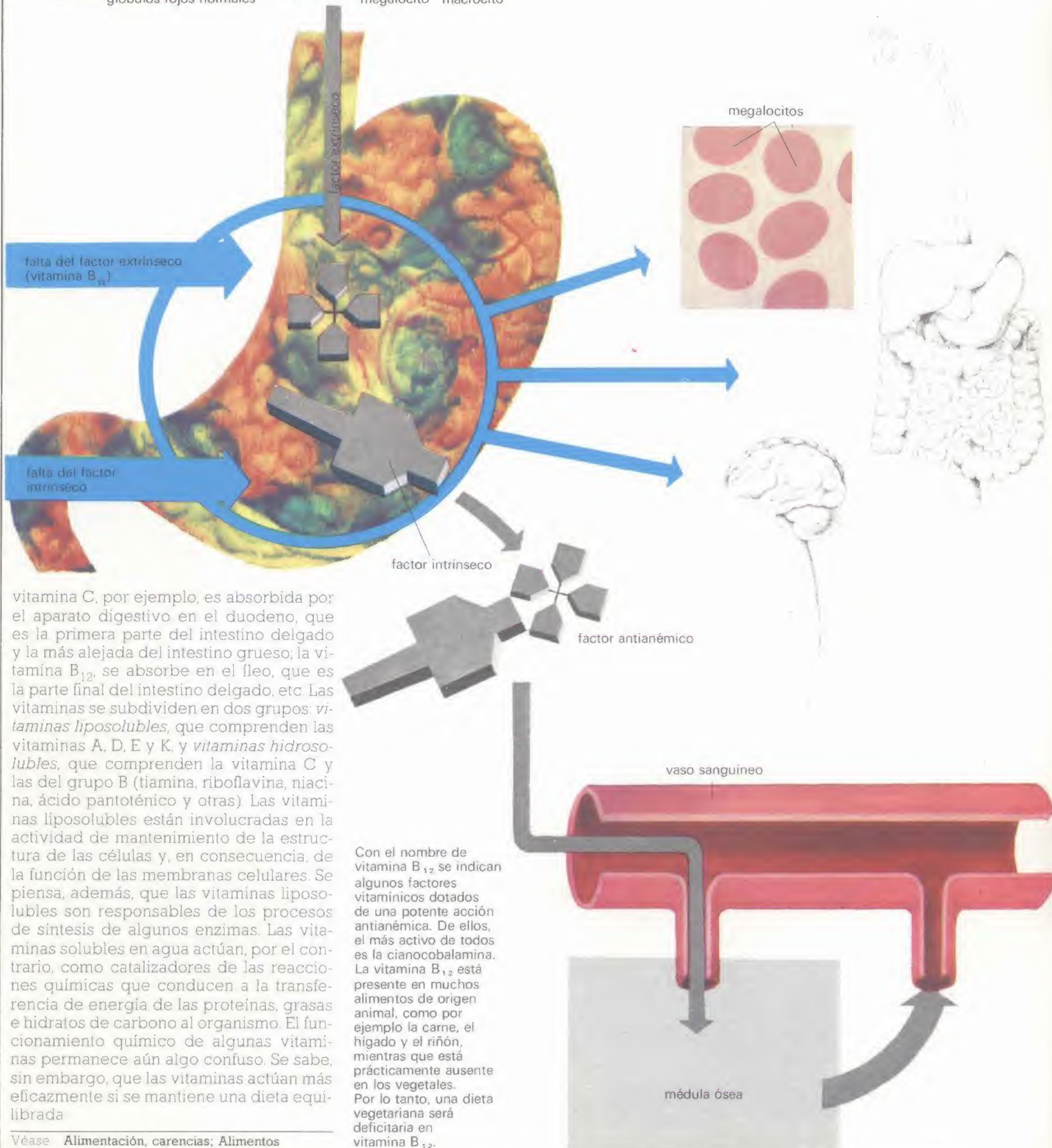


B megalocito macrocito

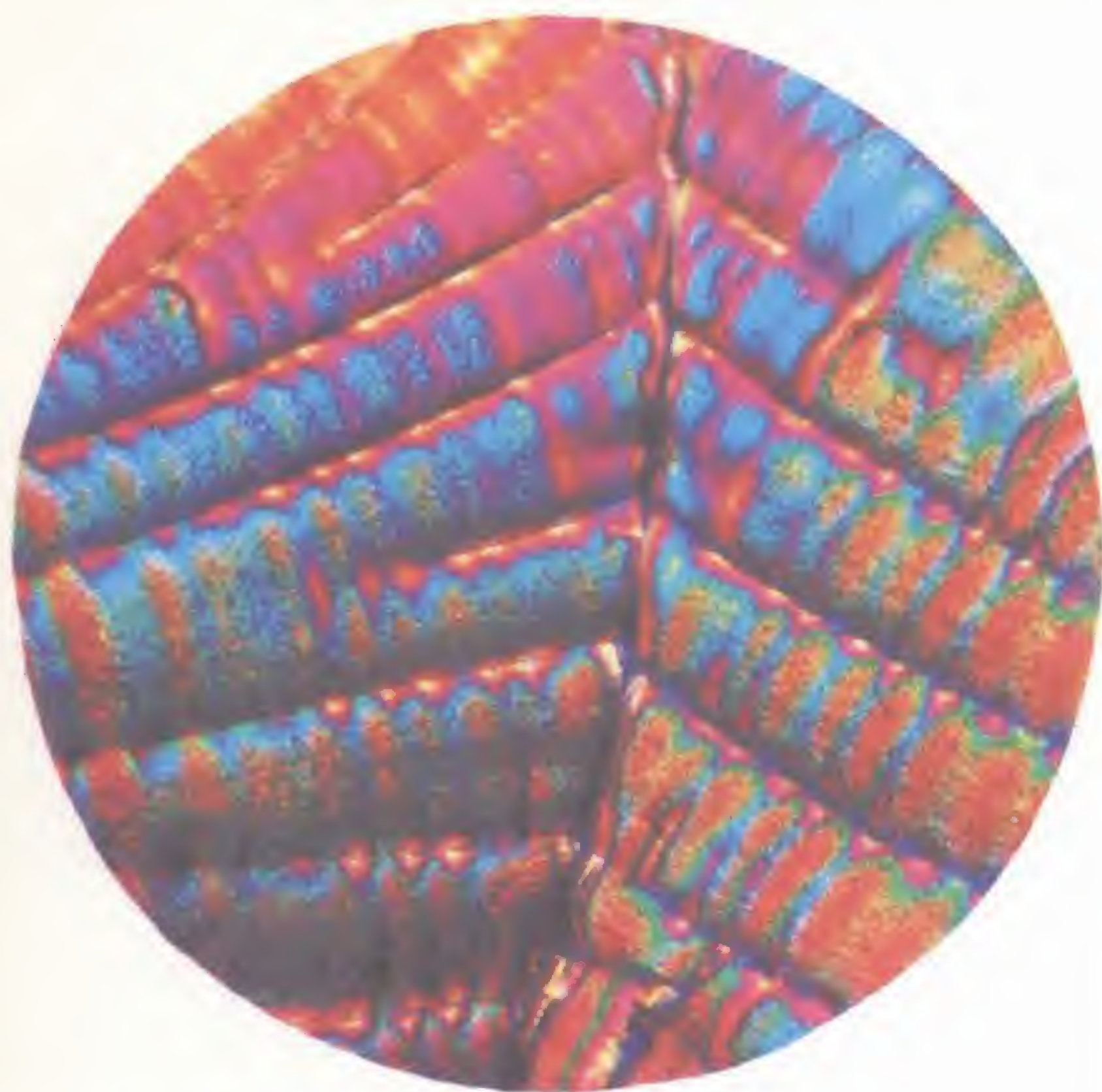
En A, glóbulos rojos normales (eritrocitos) y, en B, glóbulos rojos en un caso de anemia perniciosa, con presencia de macrocitos y megalocitos. La unión del factor extrínseco (vitamina B_{12}), contenido en los alimentos, y de un

factor intrínseco, contenido en el jugo gástrico, da lugar a un factor antianémico (como puede apreciarse en el esquema de abajo): este factor, absorbido por la mucosa intestinal, alcanza la médula ósea a través de la circulación

sanguínea; en la médula ósea participa en algunas de las reacciones químicas que llevan a la formación de los glóbulos rojos. Una alimentación deficitaria en vitamina B_{12} o la ausencia del factor intrínseco conducen, por tanto, a la anemia.



Véase Alimentación, carencias; Alimentos



A la izquierda, vitamina C (contenida en frutas y verduras frescas) en estado cristalizado puro, vista al microscopio de luz polarizada. La carencia

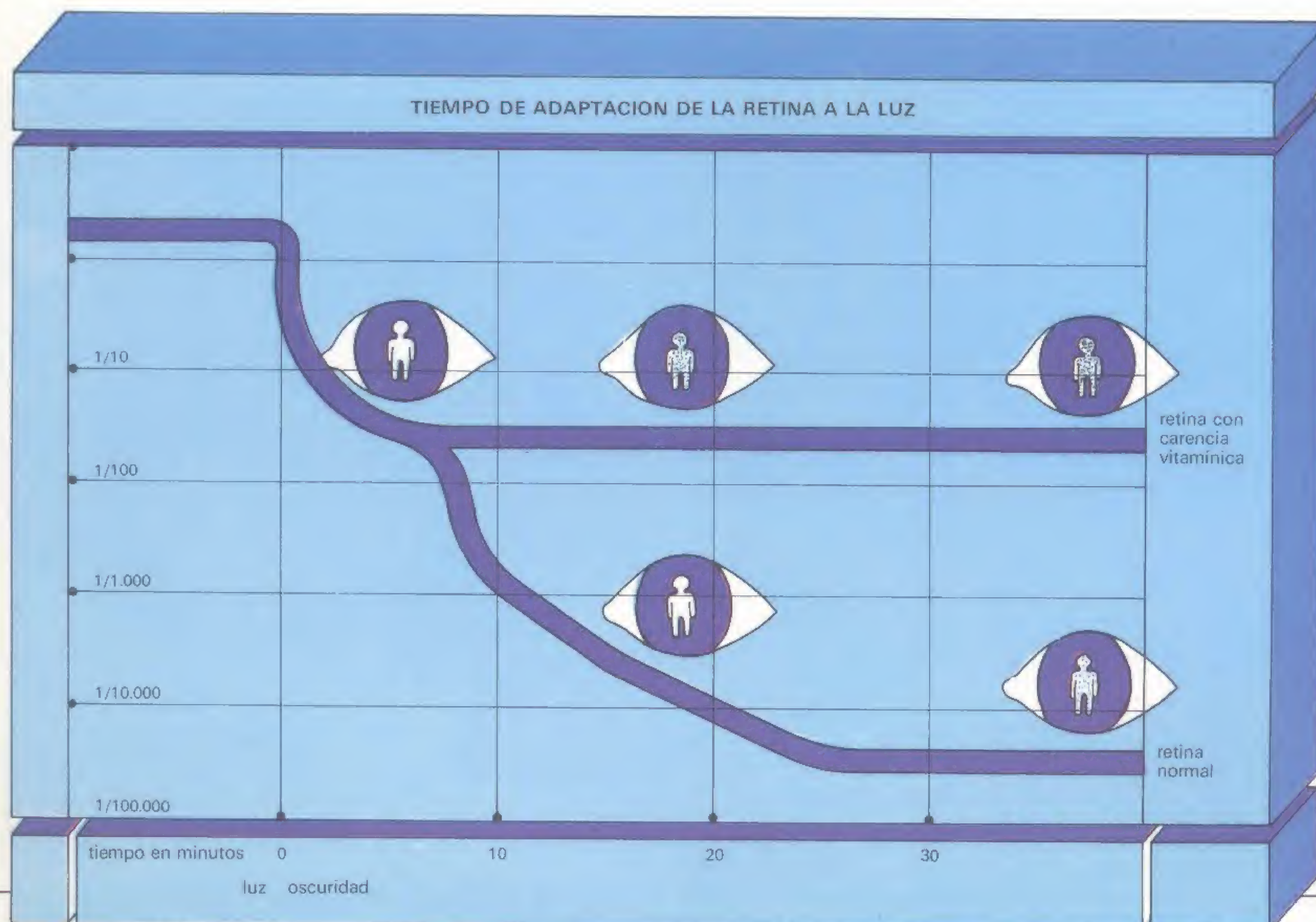
de vitamina C provoca una enfermedad llamada escorbuto. El mérito en la prevención de tal enfermedad corresponde al cirujano

británico James Lind y al capitán Cook. En la ilustración, bajo estas líneas, se reproduce una imagen de una expedición antártica.



Un ojo normal con vitamina A, que deriva de la conversión de los carotenoides, aumenta su sensibilidad a la luz unas 100.000 veces durante media hora de permanencia en la oscuridad; el ojo con carencia de vitamina A sólo puede incrementar su

sensibilidad a la luz entre 10 y 100 veces cuando permanece en la oscuridad. El ojo normal, por tanto, logra ver bastante bien de noche, mientras que el ojo con carencia vitamínica está "ciego", como puede apreciarse en el esquema de abajo.



Volcán

Las erupciones volcánicas, al igual que otros fenómenos catastróficos de la Naturaleza, han causado, en el pasado, un temor reverencial a la Humanidad, que ha visto en ellos la manifestación violenta de las fuerzas ocultas que regían sus destinos sobre la Tierra. Los griegos creían que el humo que salía de los volcanes era la respiración ardiente del monstruo Tifeo. Los romanos creían que su dios del fuego, Vulcano, herrero de los dioses, utilizaba como fragua la isla que bautizaron con su mismo nombre Vulcano. Paradójicamente, y pese al temor que suscitan, los volcanes han atraído siempre a las gentes hacia sus proximidades, al ser éstas, por lo general, regiones fértiles y de elevada pluviosidad.

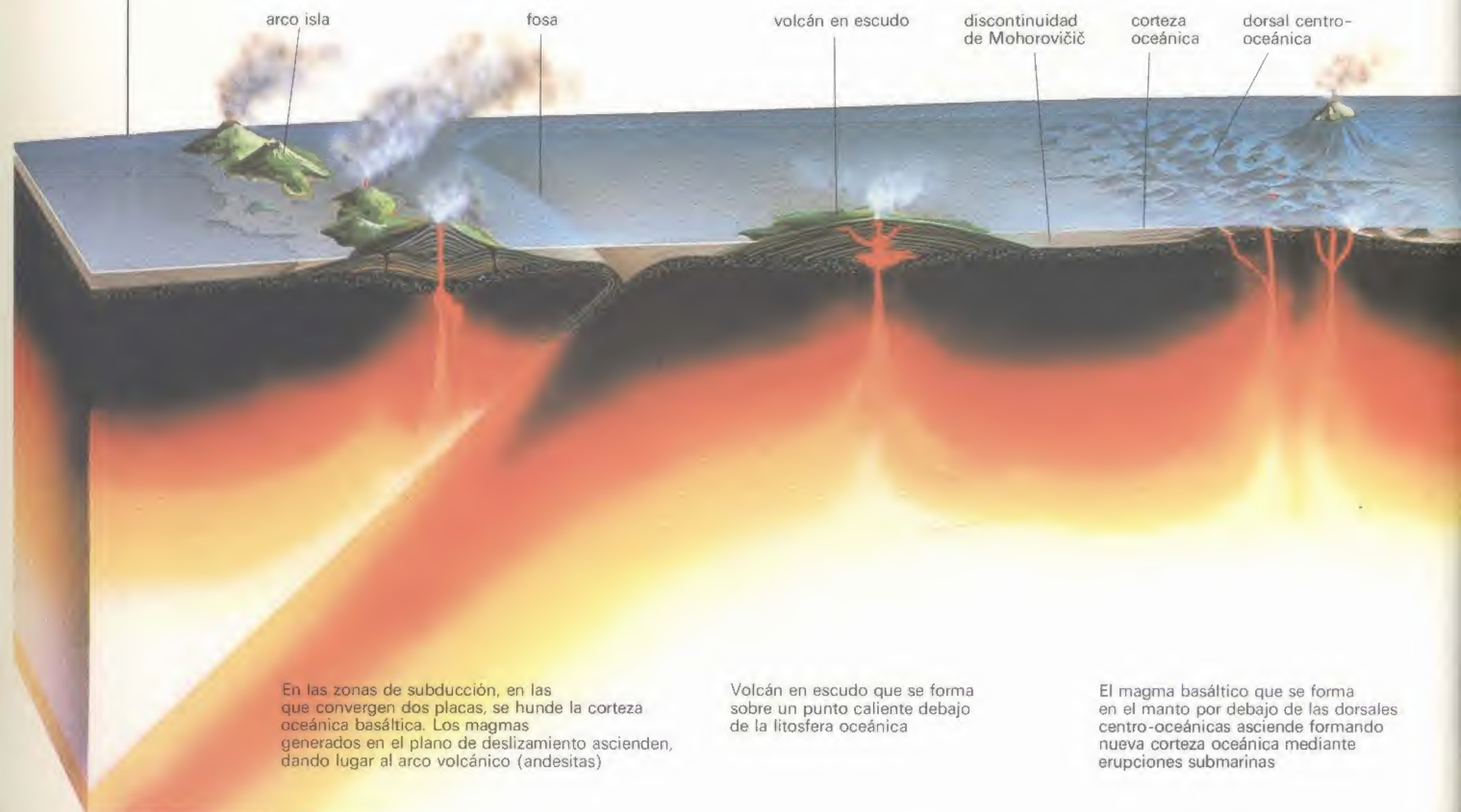
Magma El material arrojado por los volcanes es el magma, que consiste en un fundido silicatado con un contenido variable de material sólido en suspensión, cristales o fragmentos de roca, y gases disueltos. Hasta hace poco tiempo, era creencia popular que la corteza sólida del planeta flotaba sobre una extensa región fundida de la que eventualmente, y a través de fracturas profundas, ascendían los magmas hacia la superficie. La sismología demuestra, sin embargo, que esta creencia es falsa. La Tierra es un astro esencialmente sólido, a excepción del núcleo externo (entre 2.900 y 5.150 km de profundidad), que probablemente sí se encuentra en estado fundido. Asimismo, en el manto superior y

a una profundidad entre 100 y 200 km, se detecta una caída en la velocidad de propagación de las ondas sísmicas debida, probablemente, a la presencia de pequeñas fracciones (aproximadamente un 1%) de líquido en la roca. Este canal de baja velocidad sísmica es la *astenosfera*, y constituye el límite inferior de la *litosfera* que, como se sabe, está dividida en grandes placas móviles que resbalan sobre la primera, que se comporta como un medio plástico. Los magmas se generan principalmente en zonas de fuerte interacción entre las placas, por la fusión parcial de los materiales sólidos que forman la litosfera. Dicha fusión tiene lugar cuando las temperaturas, en una determinada región profunda, superan los valores del punto de fusión de los materiales allí existentes. Esto sucede, bien por un aumento real de la temperatura, por un descenso de la presión de carga o por una combinación de ambos procesos. Los fundidos formados, más ligeros que los materiales suprayacentes, se conectan en masas de magma que ascienden hacia la superficie. Ese ascenso es un fenómeno complejo que depende de las propiedades del magma, principalmente de la viscosidad. Los magmas pobres en sílice, y por ello poco viscosos, ascienden con relativa rapidez. Por el contrario, los más silíceos lo hacen lentamente. El ascenso está, con frecuencia, controlado por fracturas de origen tectónico. Estas son sobre todo efectivas en la parte más alta (más rígida) de la litosfera,

aunque a veces pueden prolongarse hasta varias decenas de kilómetros de profundidad.

Normalmente, los magmas no ascienden directamente hasta el volcán desde la zona donde se generan, sino que se acumulan a profundidades intermedias, formando grandes cámaras magmáticas intercomunicadas entre sí. Estas cámaras se forman en discontinuidades estructurales, tal es el caso de la propia discontinuidad de Mohorovičić, en la base de la corteza, u otras dentro de ella. La solidificación del magma en estas cámaras da origen a las *rocas plutónicas*, que pueden quedar a la larga al descubierto por la acción del levantamiento y erosión ulterior de la región.

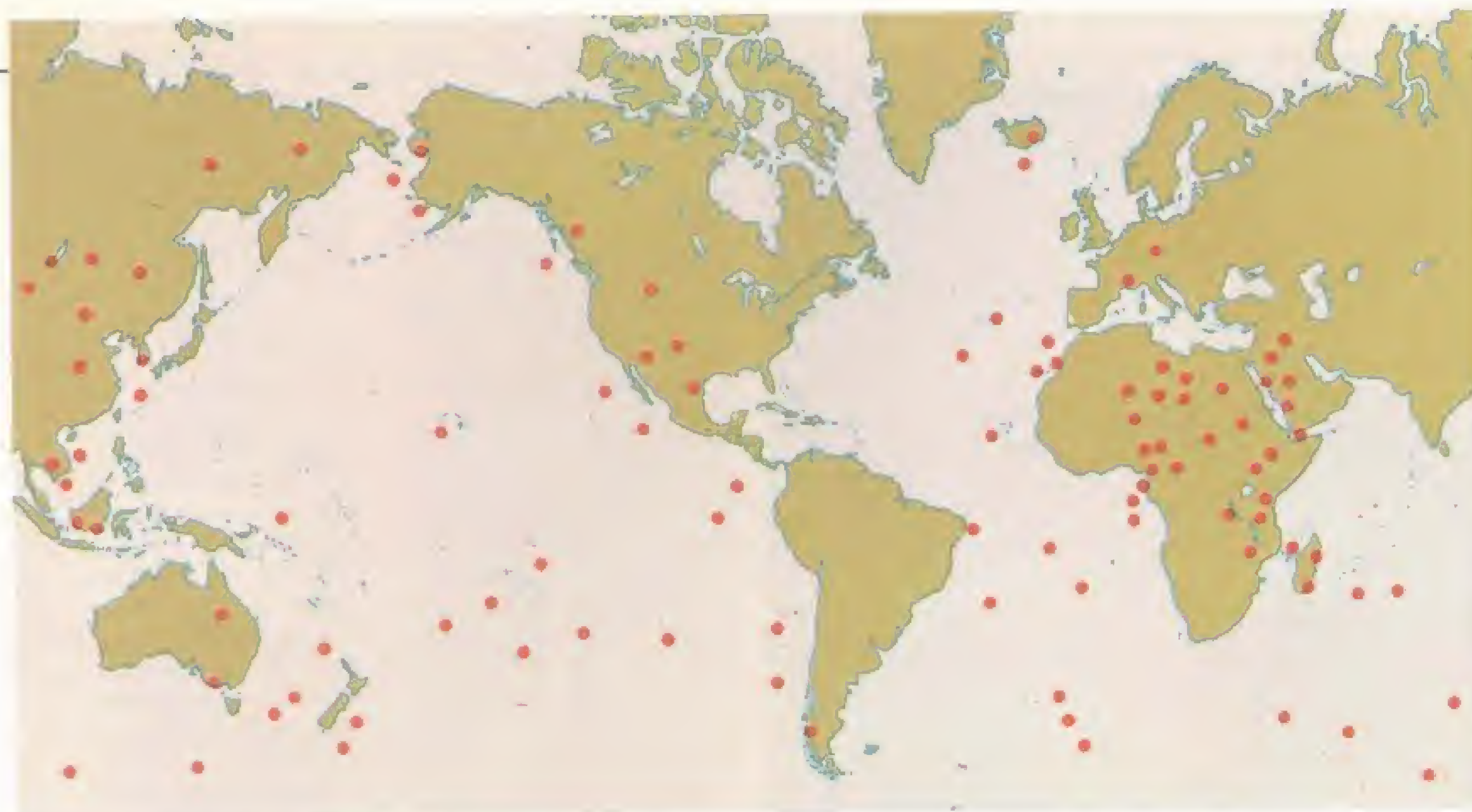
La diferente composición del magma puede deberse a varias causas. Los magmas que se originan en el manto litosférico por fusión parcial de peridotitas son pobres en sílice (basalto y andesitas). Los que se originan en la corteza continental son, por el contrario, ácidos, esto es, ricos en sílice. Es el caso del magma granítico, que cristaliza frecuentemente en profundidad, formando batolitos en los núcleos de las cadenas de plegamiento. No obstante, cuando un magma, por ejemplo basáltico, se acumula en una cámara magmática y se enfría, los cristales minerales que se forman pueden decantarse por gravedad hacia el fondo, dejando un líquido residual de composición distinta al magma inicial. Este fenómeno se llama *di-*



En las zonas de subducción, en las que convergen dos placas, se hunde la corteza oceánica basáltica. Los magmas generados en el plano de deslizamiento ascienden, dando lugar al arco volcánico (andesitas)

Volcán en escudo que se forma sobre un punto caliente debajo de la litosfera oceánica

El magma basáltico que se forma en el manto por debajo de las dorsales centro-oceánicas asciende formando nueva corteza oceánica mediante erupciones submarinas



Desde los tiempos más remotos, las erupciones volcánicas, además de provocar un temor reverencial, han excitado la fantasía de las poblaciones primitivas. El comportamiento más o menos destructivo de la montaña que arrojaba humo y lava se atribuía a la voluntad o a la volubilidad de algunas divinidades tutelares. Los conocimientos actuales permiten definiciones más precisas sobre los volcanes y su comportamiento. El

vulcanismo tiene lugar en dos tipos de contexto geológico: por un lado, en los límites de placas, tanto compresivos como distensivos. Por otro, sobre los puntos calientes, regiones térmicamente anómalas del manto, por debajo de la astenosfera, que provocan vulcanismo al paso de las placas sobre ellos. En el mapa se indican los más importantes de éstos, así como las regiones volcánicamente más activas de las dorsales.

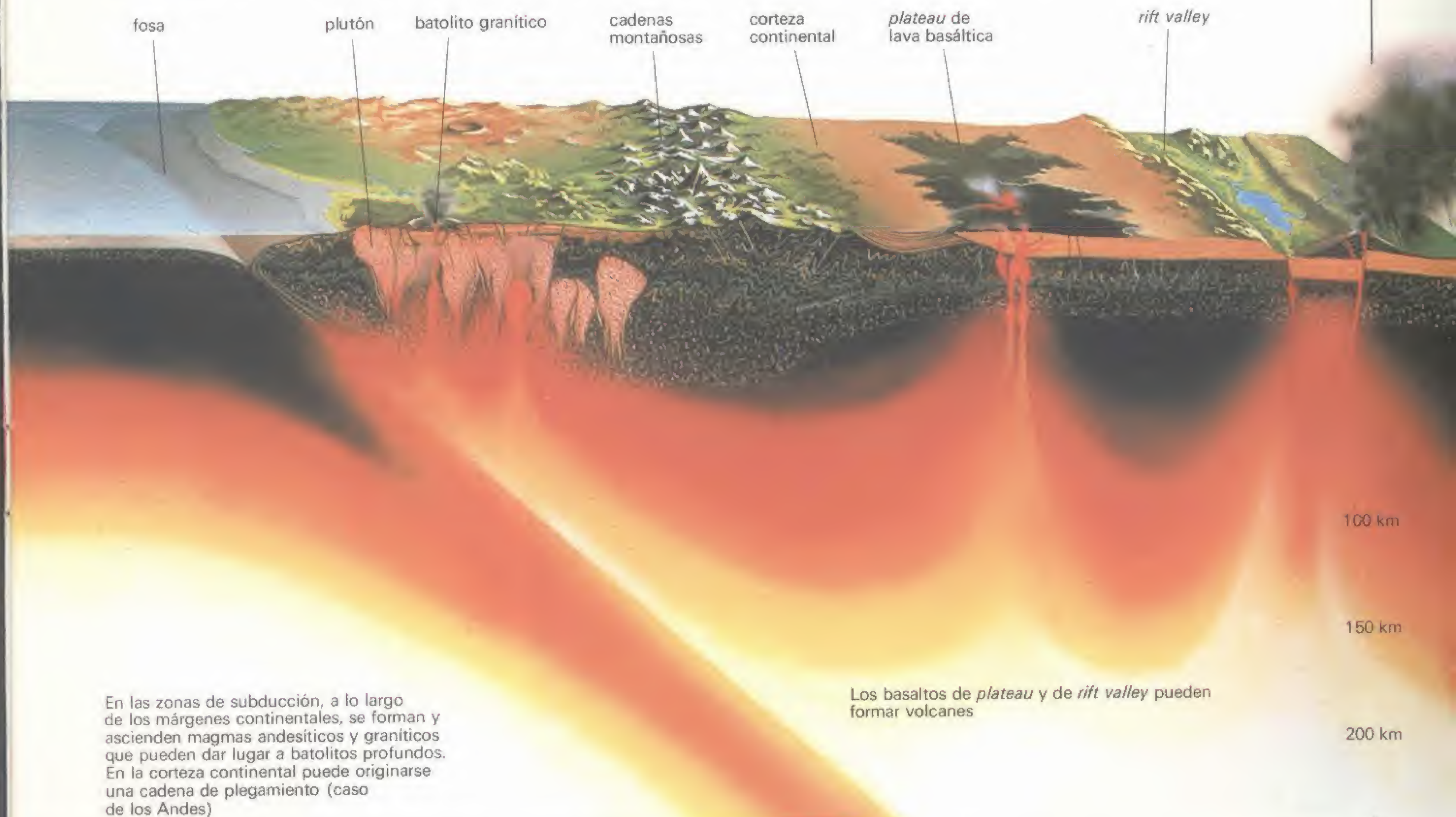
ferenciación magmática, y explica la variabilidad química observada en las erupciones, a veces de un mismo volcán.

Tipos de erupciones volcánicas Las erupciones volcánicas pueden ser de tipos muy variados, dependiendo de la composición del magma (viscosidad) y del contenido de gases disueltos en él. Los magmas basálticos, poco viscosos, al llegar a la superficie se derraman rápidamente, formando coladas de lava que se extienden a veces sobre grandes áreas de terreno en torno al centro de emisión, que suele ser una fractura. Estas erupciones, llamadas *fisurales*, cuando se generalizan en una región grande del planeta pueden

producir gigantescos recubrimientos de coladas. Tal es el caso de los basaltos de regiones como el Deccan, en la India, o el Paraná, en Sudamérica, que abarcan extensiones de centenares de miles de kilómetros cuadrados.

Es corriente clasificar la actividad volcánica por su grado de explosividad. Esta es debida a la desgasificación del magma al aproximarse a la superficie como consecuencia del efecto combinado del descenso de la presión y del enfriamiento. Los magmas básicos, poco viscosos, desgasifican con facilidad. Los gases escapan, provocando fuentes de lava, a la vez que ésta, perdida su carga volátil, fluye rápidamente pendiente abajo. Este tipo de actividad volcánica recibe el nombre de *hawaiiana*, por ser característica de los volcanes de las islas Hawai. Los edificios resultantes son muy extensos y de suaves pendientes, y los forman mayoritariamente apilamientos de coladas (*volcanes en escudo*). Son frecuentes los lagos de lava que ocupan durante largos periodos el interior de los cráteres.

Un grado de explosividad mayor lo constituye la actividad *estromboliana*. En este caso, los gases se liberan en la misma boca del volcán en forma de explosiones intermitentes y ruidosas, a intervalos de pocos segundos, seguidas por las emisiones de coladas de magma desgasificado. Durante los periodos explosivos se arrojan al aire *piroclastos*, esto es, fragmentos de magma y escoria que se acu-



En las zonas de subducción, a lo largo de los márgenes continentales, se forman y ascienden magmas andesíticos y graníticos que pueden dar lugar a batolitos profundos. En la corteza continental puede originarse una cadena de plegamiento (caso de los Andes)

Los basaltos de *plateau* y de *rift valley* pueden formar volcanes



Al lado, el Etna en actividad mientras arroja, desde el cráter terminal, escorias y fragmentos de lava incandescentes, muy visibles durante la noche. La foto, tomada con exposición prolongada, registra la trayectoria, en forma de parábola, de los materiales incandescentes. Se trata de un caso de actividad estromboliana. Los gases contenidos en el magma se liberan bruscamente durante el ascenso de éste por el conducto que alimenta el volcán. La liberación provoca la fragmentación del magma y su proyección violenta

a la atmósfera. En el caso de la erupción de la foto, el desprendimiento de gases tiene lugar cerca del cráter y se repite con una periodicidad de pocos segundos. Los materiales arrojados (piroclastos) se acumulan en la ladera del volcán, aumentando su tamaño. La lava desgaseificada suele fluir por un gollete lateral o bien por conos parásitos situados a menor altura. Cuando la erupción cesa, el volcán entra en un estado de actividad latente, emitiendo nubes de gas y vapor, como es el caso del Fuji, en Japón (abajo).

mulan, en forma de material muy fino (entre 3 y 5 mm de diámetro), en las laderas del volcán, dando lugar a los llamados *conos de cinder* o conos de escoria.

Erupciones altamente explosivas Este tipo de erupciones se asocia a magmas muy viscosos y ricos en volátiles, y se caracterizan por una elevada explosividad que las hace muy peligrosas. Se pueden distinguir dos casos: las erupciones de tipo *vulcaniano* y las de tipo *pliniano*.

El primer caso recibe su nombre de Vulcano, pequeño volcán del archipiélago de las Lípari, al norte de Sicilia. La *actividad vulcaniana* se caracteriza por el bloqueo intermitente del conducto magmático por un tapón de magma solidificado y su consiguiente liberación explosiva, a la que sigue la emisión de cortas coladas de lavas viscosas. La proporción de piroclastos es mayor en estas erupciones que en las de tipo estromboliano. El tamaño de los fragmentos varía desde pequeñas cenizas hasta grandes bloques que son arrojados violentamente, mezclados con gases magmáticos y, frecuentemente, también con vapor de agua. Los materiales más finos forman un penacho o columna explosiva sobre el cráter, mientras que los más pesados se derraman en coladas de fragmentos en suspensión gaseosa, las llamadas *nubes ardientes*, por las laderas del volcán.

Las *erupciones plinianas* presentan rasgos semejantes a las vulcanianas, pero son más violentas. Reciben el nombre del escritor latino Plinio el Joven, que hizo la primera descripción de una erupción de esta naturaleza, la del Vesubio del año 79 de nuestra era. Se trata de erupciones de magmas muy viscosos en las que todos los materiales expulsados son piroclásticos, sin que lleguen a emitirse coladas. El rasgo más destacable de este vulcanismo es la intensa desgaseificación del magma en el interior del conducto de alimentación del volcán, acompañado de la proyección violenta del propio magma fragmentado a la atmósfera, con una fuerte



En esta página, abajo, a la derecha, aspecto de la erupción del volcán St. Helens, el 18 de mayo de 1980. Se trata de una erupción pliniana. La desgasificación violenta de los magmas viscosos a cierta profundidad produce la proyección violenta del material fragmentario, muy escoriáceo (pómez), en una nube incandescente de cenizas y gases que puede alcanzar grandes alturas. Los piroclastos finos pueden depositarse a gran distancia del volcán. El colapso gravitacional de la nube de alta densidad o el derrame de

coladas de piroclastos incandescentes a gran velocidad desde el cráter hace que estas erupciones sean las más temidas. La participación de agua en este tipo de erupciones (freatomagmáticas) aumenta considerablemente su explosividad. La diseminación de cenizas en la estratosfera, en las grandes erupciones como la del Tambora de 1815, puede llegar a provocar a la larga cambios climáticos en toda la Tierra. Arriba, a la derecha, el extremo opuesto: erupción final de lavas fluidas, pobres en gases (erupción hawaiana).

componente direccional. El conducto actúa a manera de cañón, dirigiendo la nube hacia arriba o, a veces, imprimiéndole una trayectoria oblicua.

La columna de gases y cenizas tiene una forma característica de ciprés y puede alcanzar varios kilómetros de altura, llegando los materiales más finos a distribuirse por la estratosfera en aquellas erupciones más violentas. La desgasificación intensa en el conducto y la elevada viscosidad del magma se traducen en una intensa vesiculación del mismo, acompañada de un brutal enfriamiento por expansión adiabática. El resultado es un material escoriáceo, muy poroso, llamado *pómez*. Las cenizas de pómez van a parar a la columna gaseosa, mientras que los fragmentos más gruesos, en suspensión en un gas muy caliente, se derraman por las laderas en forma de *coladas de piroclastos* de alta densidad. La elevada velocidad de descenso y su temperatura interior hace de estas coladas de piroclastos (nubes ardientes) un fenómeno terrorífico y devastador. La más reciente es la del volcán St. Helens (EE UU) de 1980, que pudo estudiarse con gran detalle y de la que hay mucha información filmada. Las coladas de piroclastos de pómez dan lugar a potentes depósitos fragmentarios que recubren grandes extensiones, a veces muy distantes del volcán. La elevada temperatura remanente en el interior termina, a la larga, provocando el soldamiento de los fragmentos, que, a su vez, se aplastan por el peso de los materiales suprayacentes, formando una roca con estructura flameada característica: la *ignimbrita*.

Los volcanes debidos a erupciones plinianas o vulcanianas son edificios gigantes, como por ejemplo el Vesubio o los volcanes circumpacíficos: el St. Helens y el Katmai, en Alaska; el Mayon, en Filipinas, y los volcanes andinos. Estos volcanes, de compleja estructura interna y formados por la superposición de múltiples procesos eruptivos, se denominan *estrato-volcanes*. En ellos es frecuente la circulación freática de aguas de infiltración, pro-



cedentes de lluvias, glaciares, etc., que intervienen corrientemente en la erupción. En proximidad al magma, el agua se vaporiza instantáneamente, aumentando brutalmente la explosividad de la erupción (erupciones *freatomagmáticas*). La famosa desaparición de la isla de Krakatoa, en el estrecho de Sonda, en el año 1883, fue el resultado de una erupción de este tipo, debida a la entrada de agua marina en la cámara magmática.

Un tipo de manifestación volcánica ligada a altos edificios en regiones de nieves perennes son los *lahares*, de triste actualidad por el caso del Nevado del Ruiz (Colombia), del año 1985. En este caso, el daño fue provocado por la fusión superficial de un glaciar, debida a la erupción de una pequeña nube ardiente. El resultado fue un *lahar*, esto es, una colada de lodo que descendió a gran velocidad, arrasando a su paso varias poblaciones situadas en la falda de la montaña.

Tectónica de placas y volcanes Los volcanes se alinean generalmente siguiendo zonas activas de la litosfera, que coinciden mayoritariamente con los límites de las placas. Por ejemplo, el rosario de volcanes activos que jalona el borde del océano Pacífico (Cinturón de Fuego del Pacífico) se sitúa sobre zonas de subducción en las que se sumerge la corteza oceánica bajo los continentes euroasiático y americano. Por otro lado, una intensa actividad volcánica submarina jalona las cordilleras dorsales centrooceánicas, en las que tiene lugar la separación de las placas y la formación de nueva corteza oceánica. Islandia es un ejemplo visible de esta situación, al representar un tramo emergido de la dorsal centro-atlántica. Igual sucede en el Índico y en el Pacífico.

No obstante, también existen volcanes *intraplaca*, como es el caso de las islas Hawái. Se interpretan como resultado del paso de la placa sobre un *punto caliente*,

esto es, una fuente anómala de calor fija, situada bajo la litosfera.

Vulcanismo y energía geotérmica La actividad volcánica no se limita a procesos destructivos; los géiseres, las fumarolas y las aguas termales constituyen un motivo de atracción y fuente de bienestar. Un *géiser* es el resultado de una fisura subterránea que se rellena con agua fría de origen freático y que se calienta seguidamente por la actividad termal, de naturaleza volcánica. Cuando el agua alcanza el punto de ebullición es arrojada violentamente al exterior, proceso que se repite periódicamente de manera indefinida. El período de descanso entre dos erupciones depende de las dimensiones de la fisura, del flujo subterráneo de agua y del grado de actividad termal del área. La fama del Old Faithful (el Viejo Fiel), el géiser más famoso del mundo, en el parque Yellowstone de EE UU, se debe tanto al volumen de vapor que emite como a su notable regularidad, lo que hace que se haya convertido en una importante atracción turística.

Otra manifestación menor del vulcanismo son las *fumarolas*. Se trata de emisiones continuadas de vapor a la atmósfera a través de fisuras. Este vapor es mayoritariamente acuoso, con cantidades menores de ácido sulfhídrico (que les da un olor característico), dióxido de carbono y otros gases, como metano y nitrógeno. En las regiones frías, la condensación del vapor al contacto con la atmósfera hace particularmente visible la columna fumarólica, hecho del que procede su nombre. El agua suele ser de origen freático, vaporizada, al igual que en el caso de los géiseres, al entrar en zonas próximas a focos magmáticos activos. El aprovechamiento energético de este vapor, que escapa violentamente hacia la superficie, para generar corriente eléctrica mediante un sistema de turbinas es la base de la *energía geotérmica*. Existen numerosos países —México, Japón, Islandia y Nueva Zelanda— donde este tipo de explotaciones funciona desde hace algunos años, constituyendo una importante alternativa energética.

Finalmente, las *fuentes termales* que emiten aguas a temperaturas inferiores a 100 °C son también corrientes, aunque no exclusivas, en las regiones de vulcanismo activo o en extinción. Estas aguas, también mayoritariamente freáticas, son ricas en minerales disueltos, como hierro, calcio, magnesio, flúor, bromo, etc., de lo que se derivan importantes aplicaciones medicinales (balnearios).

Son la composición química del magma y su temperatura los factores que determinan la forma de los edificios volcánicos que se observan en todo el mundo. Los dibujos representan, de arriba a abajo, una actividad volcánica progresivamente más explosiva y peligrosa, como consecuencia del aumento en el contenido de sílice de las lavas y, con ello, de su viscosidad y contenido de gases disueltos. Arriba, las lavas fluidas se derraman suavemente o forman lagos de lava en el cráter. Según descendemos, la proyección de piroclastos se hace más importante, culminando en las erupciones de tipo *peleano* o *pliniano*, en las que se forman las peligrosas *nubes ardientes*, mezclas de gases y de cenizas a gran temperatura, cuyo colapso y descenso vertiginoso por la ladera del volcán puede provocar grandes catástrofes.



erupción fisural de lava básica y fluida



erupción hawaiana con lava poco fluida y cono volcánico en escudo. Lago de lava en el cráter



erupción volcánica muy violenta, con lava viscosa y abundante proyección aérea de piroclastos



erupción estromboliana con piroclastos y coladas lávicas



erupción peleana con explosión y emisión de una nube ardiente



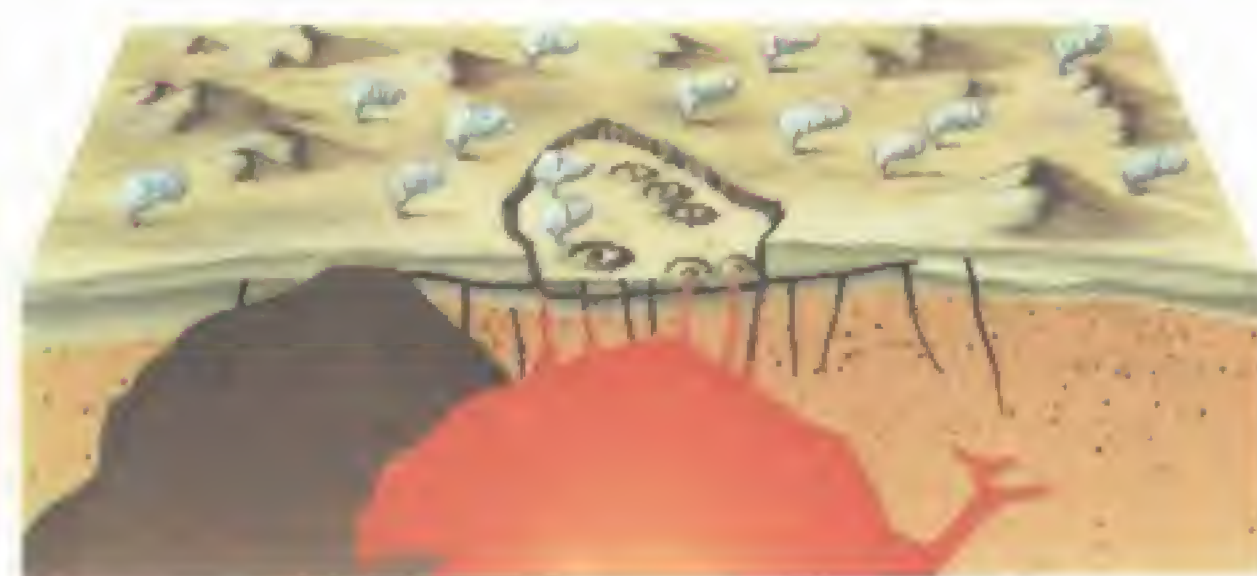
erupción pliniana con emisión continua de gases y material pómez

Abajo, proceso de formación de una caldera. Las calderas son estructuras volcánicas, groseramente circulares, que pueden tener muchos kilómetros de diámetro. De izquierda

a derecha: el magma ácido, al acumularse en una cámara magmática, arquea la superficie, generando fracturas e iniciando el vulcanismo. La caída brutal de la presión geostática, junto con la entrada de agua

en la cámara, provocan una enorme actividad explosiva, caracterizada por la emisión de *nubes ardientes* y *coladas de piroclastos*. El gran volumen de materiales que se arroja en estas erupciones vacía

parcialmente la cámara, permitiendo así el colapso del techo, lo que se traduce en la formación de una caldera. En régimen de actividad final se forman campos de fumarolas.





Arriba, y a la derecha, las fases del nacimiento de la isla volcánica de Surtsey, unos 29 km al sur de Islandia. El 14 de noviembre de 1963 comenzó la erupción, visible por una columna de ceniza que se elevaba sobre la superficie del mar. A continuación se inició la emisión de lavas subaéreas, que constituyeron la isla. Arriba, a la izquierda, la columna de vapor; en el centro, la isla, que en pocos días había alcanzado los cien metros de altura.



En la secuencia de la izquierda, la historia de la grandiosa erupción del Krakatoa (Indonesia), en 1883. Tranquilo desde 1880, el volcán, con tres bocas inactivas, explotó repentinamente, provocando una

gigantesca ola (tsunami) que azotó con gran violencia todas las costas de Indonesia y que causó la muerte de treinta y siete mil personas. El estruendo llegó a oírse en la isla de Mauricio, en el océano Índico, a

más de 4.000 km de distancia. Las cenizas arrojadas a la atmósfera y distribuidas por la estratosfera enrojecieron durante varios años la puesta de sol en todo el planeta. Como

resultado de la erupción se formó una gran caldera. En 1927 reemprendió su actividad y en el centro de la vieja caldera se formó un pequeño cráter, el Anak Krakatoa (en la foto bajo estas líneas).



La Vulcanología La Vulcanología es la ciencia que estudia los volcanes. Se trata de una especialidad de la Geología que integra los conocimientos y técnicas de varias ciencias: la Sismología, la Petrología, la Geodinámica, la Química, la Termodinámica, etc. Esta ciencia investiga el fenómeno volcánico y tiene entre sus objetivos el de establecer métodos de predicción que eviten en el futuro las catástrofes de este origen.

La predicción volcánica se fundamenta hoy día, por un lado, en un conocimiento preciso del comportamiento del volcán; basado en el estudio de su actividad pasada (registros históricos, estudio geológico de los materiales arrojados, etc.) y, por otro, en el control de su actividad actual mediante diferentes métodos, por ejemplo, topográficos (altimetría, inclinometría de laderas), geofísicos (sísmica, magnetismo, ruidos), etcétera.

Véase Géiser; Litosfera; Rocas magmáticas; Tectónica

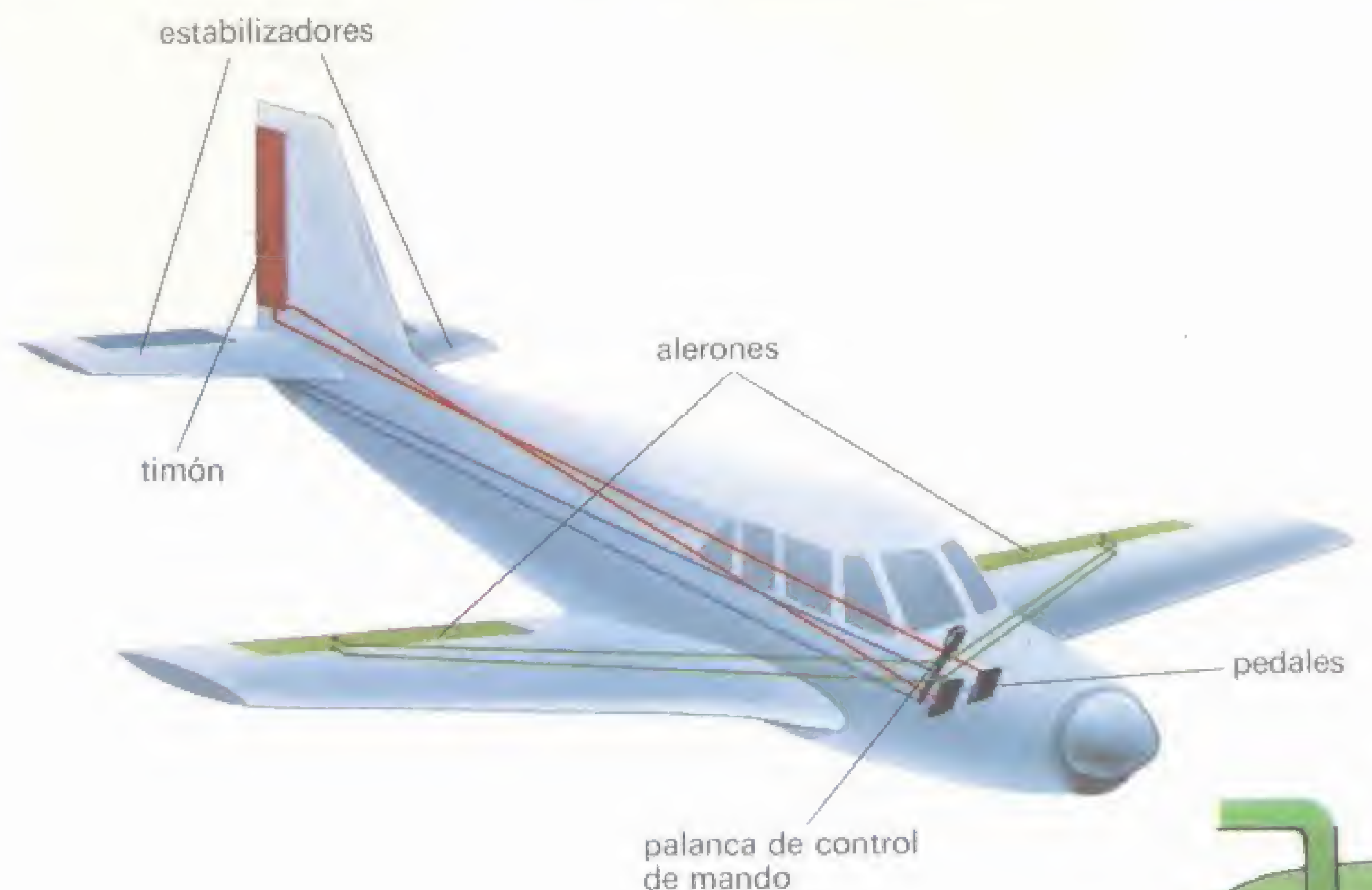
Vuelo, mecanismos de control

Un avión se mueve en el espacio, por lo que debe poseer sistemas de mando capaces de gobernar su desplazamiento vertical (hacia arriba o hacia abajo), los virajes hacia la derecha o hacia la izquierda y su velocidad de avance. Las partes del avión que gobiernan estos movimientos son las alas y sus partes móviles, el plano de cola horizontal (parte fija, o estabilizador, y parte móvil, o timón de profundidad), el plano de cola vertical (parte fija o deriva, y parte móvil o timón) y el motor. Este controla la velocidad de ascenso, según la potencia suministrada. La velocidad del avión durante la trayectoria es determinada por su ángulo de ataque, es decir, por la posición de la barra del timón.

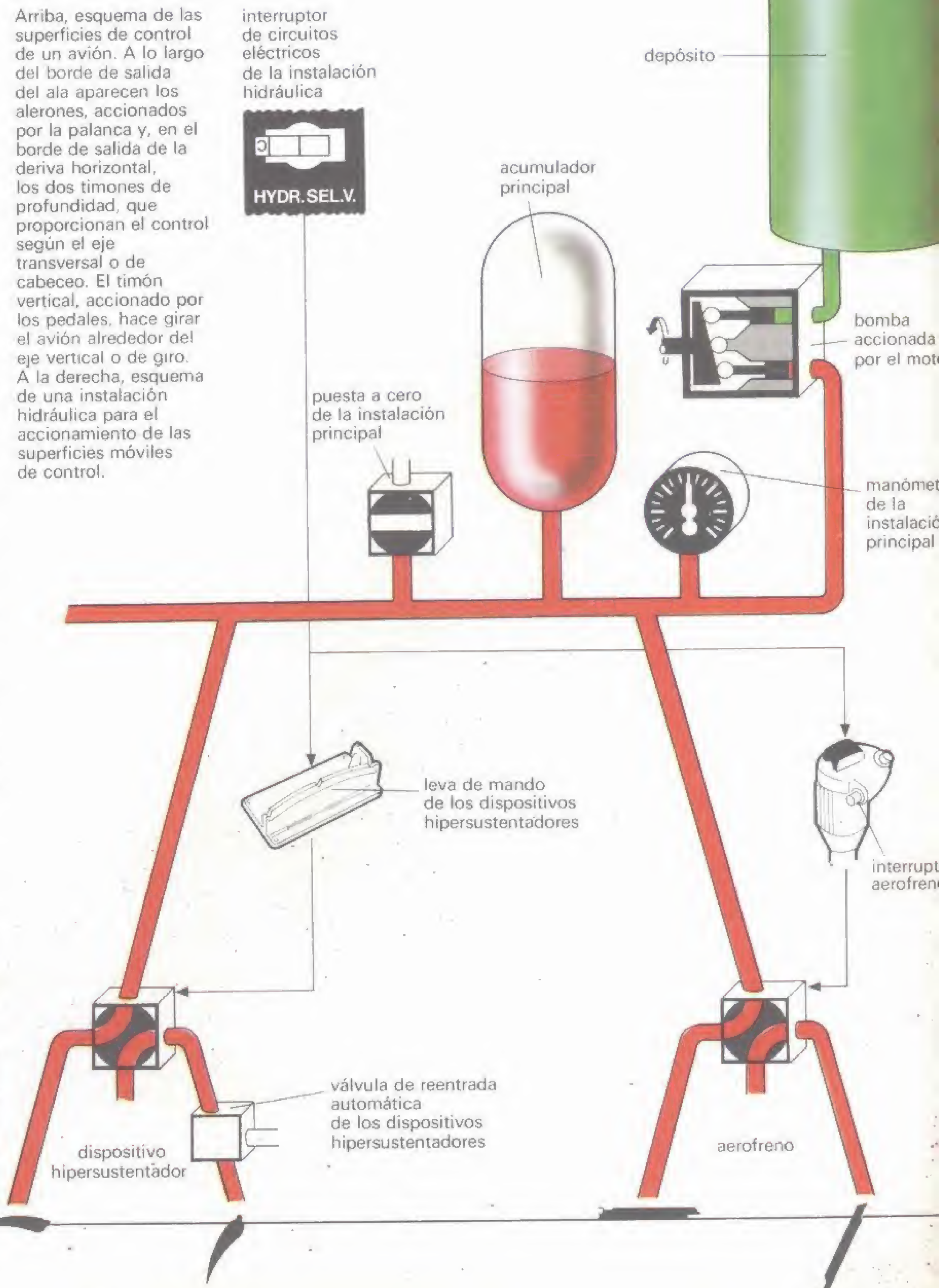
El viraje Los virajes se realizan no sólo accionando el timón o plano de cola vertical, como en el caso de los barcos, sino también provocando una rotación simultánea del avión alrededor de su eje longitudinal (alabeo), de modo que desciende la semiala derecha, cuando el viraje es a la derecha, o viceversa. Cerca de las extremidades del ala, en la zona del borde de salida de ésta, se sitúan dos planos móviles abisagrados llamados *alerones*. Los alerones pueden ser deflectados hacia arriba o hacia abajo, con el fin de modificar la curvatura del perfil alar y la sustentación que proporcionan. Se manejan con desplazamientos laterales de la palanca de mando, del mismo modo que el volante de un automóvil determina el giro del vehículo. Desplazando la barra hacia la derecha, se produce la deflexión hacia arriba del alerón derecho, lo que se traduce en una disminución de la sustentación con el consiguiente descenso de la semiala derecha. Al mismo tiempo, el alerón de la izquierda se deflecta hacia abajo provocando, como consecuencia del aumento de la sustentación, el ascenso de la semiala izquierda. El avión se encuentra ahora inclinado, y vira hacia la derecha. El timón se gira ligeramente para producir un desplazamiento hacia la izquierda de la cola.

En el vuelo rectilíneo horizontal en aire turbulento, el avión puede mostrar la tendencia a un movimiento de cabeceo alternado (el morro tiende a subir y a bajar) seguido de un movimiento ondulatorio. Este fenómeno es controlado mediante el estabilizador y el timón de profundidad. Empujando la barra hacia adelante se produce la subida de la cola y la bajada del morro del avión; por el contrario, desplazando la barra hacia atrás, la cola desciende y el morro sube.

Existe también otro mecanismo, llamado de control auxiliar, constituido por una pequeña aleta correctora situada en la superficie del estabilizador y que se utiliza para equilibrar el ángulo de ataque del avión durante el vuelo o en determinadas fases del mismo, como el aterrizaje. En este caso, permite, deflectando la aleta, estabilizar el ángulo de planeo y mantener la velocidad de aproximación.



Arriba, esquema de las superficies de control de un avión. A lo largo del borde de salida del ala aparecen los alerones, accionados por la palanca y, en el borde de salida de la deriva horizontal, los dos timones de profundidad, que proporcionan el control según el eje transversal o de cabeceo. El timón vertical, accionado por los pedales, hace girar el avión alrededor del eje vertical o de giro. A la derecha, esquema de una instalación hidráulica para el accionamiento de las superficies móviles de control.



El despegue y el aterrizaje De fundamental importancia en estas fases del vuelo son los hipersustentadores, superficies móviles situadas en el borde de salida y, a veces, en el borde de ataque del ala. Estas superficies, que ocupan buena parte de la envergadura del avión a partir de aquella región del ala más próxima al fuselaje, se sacan generalmente de forma simétrica en las dos semialas, modificando la curvatura y el desarrollo del perfil alar y permitiendo obtener considerables aumentos del coeficiente de sustentación del ala y, por lo tanto, velocidades de vuelo menores.

Durante el despegue, los motores se aceleran, la presión de los gases alcanza su punto máximo y el avión adquiere velocidad. El compensador se sitúa en una posición aproximadamente neutra con el fin de mantener una orientación horizontal. Cuando se alcanza la velocidad de

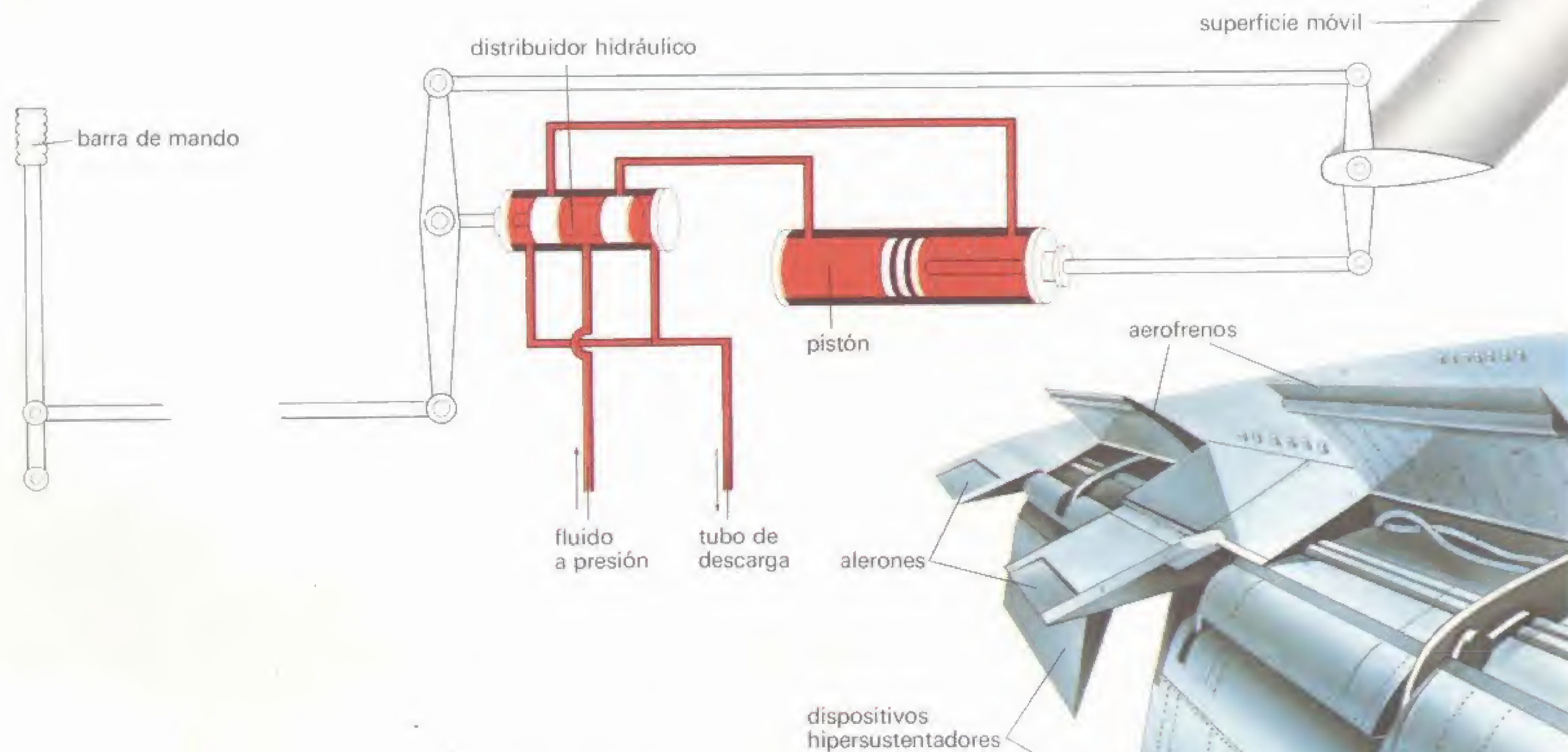
despegue, el timón de profundidad es deflexado hacia arriba para hacer bajar la cola del avión; el morro se levanta y el avión se separa suavemente del suelo. Durante el aterrizaje, el piloto estabiliza el avión en una trayectoria descendente de aproximación a la pista. Antes de tocar tierra, la presión hidráulica en los motores se reduce y el ángulo de ataque se modifica con la palanca de mando. La velocidad del avión disminuye y, en consecuencia, también lo hace la fuerza sustentadora: el avión toca tierra.

Otros mandos Los grandes aviones de línea para el transporte de pasajeros y mercancías, así como la mayor parte de los aviones militares, están equipados a menudo con aerofrenos y disruptores. Mientras que los primeros producen un aumento de la resistencia aerodinámica mediante la adopción de superficies mó-

viles que sobresalen del perfil del avión, los segundos producen también una pequeña pérdida de sustentación y resultan particularmente adecuados en la fase de aterrizaje, una vez que el avión se ha posado completamente en la pista.

En los aviones pequeños, los mecanismos de control del vuelo funcionan generalmente por transmisión mecánica directa desde la cabina del avión. En los grandes aviones, donde, por el contrario, se necesitan grandes fuerzas para accionar los mecanismos de control, el pilotaje se ve facilitado generalmente por sistemas hidráulicos y servosistemas que, bajo la acción del piloto, generan y transmiten las fuerzas necesarias.

Véase Aerodinámica y aeronáutica; Avión, estructura y producción; Avión, proyecto de; Delta, ala; Helicóptero; Vuelo, principios del



Aermacchi S.p.A., Varese



Arriba, esquema de funcionamiento de un servomando hidráulico. Maniobrando la barra, el distribuidor hidráulico envía el fluido a presión sobre uno de los lados del pistón, que se desplaza según las exigencias del piloto y permanece fijo en esa posición hasta recibir una nueva orden de éste. En las instalaciones reales, existen sistemas de emergencia capaces de solventar posibles averías. Junto a estas líneas, un avión con los hipersustentadores desplegados y, a su derecha, esquema de las superficies

móviles que suelen formar parte de la semiala de un avión de línea. Se muestran los alerones, cuya función consiste en proporcionar el momento de rotación alrededor del eje longitudinal; los hipersustentadores, que sobresalen hacia abajo para aumentar la sustentación; y los aerofrenos, que se despliegan hacia arriba para generar resistencia aerodinámica. Estos dos últimos tipos de superficie son utilizados durante las operaciones de despegue y aterrizaje.

Vuelo, principios del

Al ver caer una hoja de papel, percibimos inmediatamente que la caída es mucho más lenta que la de un cuerpo pesado, como podría ser, por ejemplo, una piedra. Esta observación nos sugiere que el aire "sostiene" el papel, pero sería impreciso decir que el papel "vuela". Reservamos el término vuelo para designar, por ejemplo, la forma en que se mueve a través del aire un pájaro que planea o remonta el vuelo batiendo sus alas. Su movimiento a través del aire parece ordenado y coherente: el animal sabe a donde quiere ir y alcanza su meta maniobrando con las alas y la cola. Incluso aunque no mueva las alas, el pájaro sabe moverse eficazmente en el aire y planear, dirigiéndose hacia el punto en que quiere posarse.

¿Es posible hacer que un cuerpo como una hoja de papel se desplace en el aire con una dirección precisa y sin ondear, del mismo modo que un pájaro planea? Y, si hemos logrado un dispositivo semejante, ¿será posible dotarlo de algo parecido a un motor para lograr que ascienda a través del aire y evolucione de forma parecida a un pájaro, e incluso mejor?

Responder a esta pregunta ha supuesto el estudio de generaciones de científicos e inventores, como Otto Lilienthal y los hermanos Wright, que fueron los primeros en realizar, respectivamente, el vuelo planeado y el vuelo con motor.

Presión, resistencia y sustentación Cuando un cuerpo se mueve en el seno del aire (o de otro fluido) se produce una reacción de éste sobre aquél. El movimiento del propio fluido, provocado por el móvil, causa una alteración de las presiones, que se distribuyen desigualmente sobre la superficie del cuerpo, produciendo una fuerza resultante sobre éste. Por otra parte, si el fluido es viscoso (el aire lo es poco) también produce un rozamiento al deslizarse sobre el cuerpo. En resumen, se crea una fuerza aerodinámica (es decir, debida a la acción dinámica del aire y que no existiría si el móvil estuviera desplazándose en el vacío). Se puede descomponer dicha fuerza en dos componentes: la *sustentación*, perpendicular a la dirección del movimiento (y positiva cuando es opuesta al peso), y la *resistencia*, en la dirección del movimiento y oponiéndose a él.

Un cuerpo de forma muy irregular puede provocar una resistencia elevada y una sustentación baja, mientras que un cuerpo fusiforme (en forma de pez) induce poca resistencia y cierta sustentación; a su vez, un cuerpo de forma regular, con mucha superficie y muy delgado, con un cierto ángulo y algo de curvatura a la corriente (es decir, parecido a un ala y con un ángulo de ataque respecto a la corriente), produce una alta sustentación positiva, que puede llegar a sostenerlo o sustentarlo al equilibrar el peso del mismo, y escasa resistencia. Naturalmente, la fuerza aerodinámica (resistencia más sustentación) tendrá un punto de aplicación, que dependerá de la forma del móvil, de la dirección

Una hoja de papel que cae en el aire, lo hace de modo oscilante, su caída es lenta, pero no puede hablarse de vuelo. La secuencia muestra la razón del balanceo de la caída. El vector (flecha) hacia arriba aplicado en el centro de presiones

indica el empuje resultante; los vectores dirigidos hacia abajo indican, por su parte, el peso. El centro de presiones se mueve cada vez más hacia uno de los lados, hasta que se invierte el sentido de la oscilación.

de la corriente, etc. y que, en principio, no coincidirá con el centro de gravedad del cuerpo.

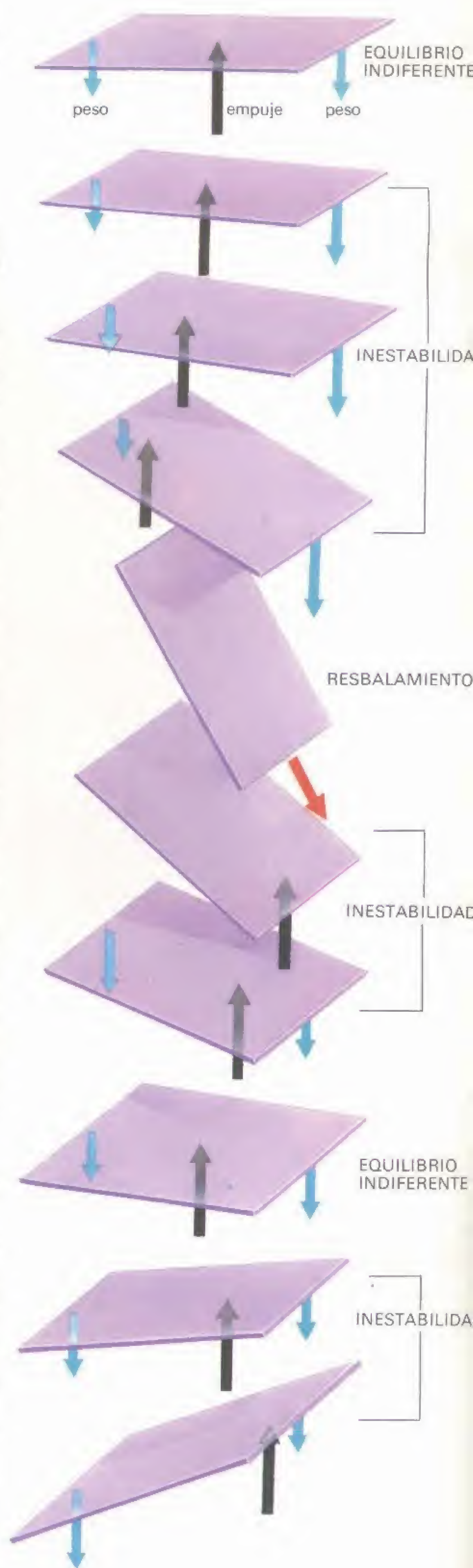
La conquista de la estabilidad El problema del vuelo radica en proporcionar estabilidad al punto de aplicación de la fuerza aerodinámica que ejerce el aire sobre el objeto.

La historia de las tentativas de vuelo en los siglos pasados está llena de episodios de pioneros que se han puesto un par de alas y se han lanzado desde un punto elevado sin conseguir más que una caída incontrolada.

La solución correcta fue experimentada a finales del siglo XVIII por Otto Lilienthal, quien aplicó a unas alas rudimentarias, pero suficientes para sostener el peso de un cuerpo, unos timones que mantenían constante la dirección del movimiento a través del aire. Además, Lilienthal era también capaz de orientar la dirección durante el vuelo moviendo su cuerpo, que permanecía colgado de la estructura (esta es la técnica actualmente empleada para volar con los ultraligeros no motorizados).

El mismo camino fue recorrido por los hermanos Wright que no sólo utilizaron derivas y timones, sino que también inventaron el alabeamiento de las extremidades alares (los primeros rudimentarios alerones) para compensar lo que alas y timones no pueden lograr por sí mismos: compensar las rotaciones del avión durante el movimiento hacia adelante y alrededor del eje longitudinal. Su invento innovador fue perfeccionado tras horas y horas de pruebas en un rudimentario túnel aerodinámico.

Sustentación La forma arqueada del ala de un avión hace que el aire que pasa por encima recorra más espacio que el que pasa por debajo, y, en consecuencia, vaya más deprisa y disminuya su presión. La presión mayor del aire más lento que pasa por debajo crea el efecto de *sustentación*, que produce casi el 80% del empuje de un ala de un avión que se mueve a una velocidad menor que la del sonido. Dicho empuje depende del *ángulo de ataque* o ángulo con el que el ala se enfrenta con el aire en el que penetra. Cuanto mayor es dicho ángulo, mayor es el empuje, pero sólo hasta el llamado ángulo límite. A más de 16°, la sustentación ya no aumenta. A 18° se vuelve inestable: en lugar de un flujo suave y lineal, el aire se separa formando grandes remolinos y hacien-



A la derecha de estas líneas se indica cómo evitar que el centro de presiones de una hoja de papel rígida se desplace hacia adelante y hacia atrás impidiendo sostener una carga en vuelo. Basta aplicarle, a cierta distancia, una

deriva fija. Si el vuelo es rectilíneo, ésta es arrastrada con poca resistencia. Si el centro de presiones intenta desplazarse, la deriva induce un enderezamiento, sea cual sea la parte de la superficie sustentadora que se ha inclinado.

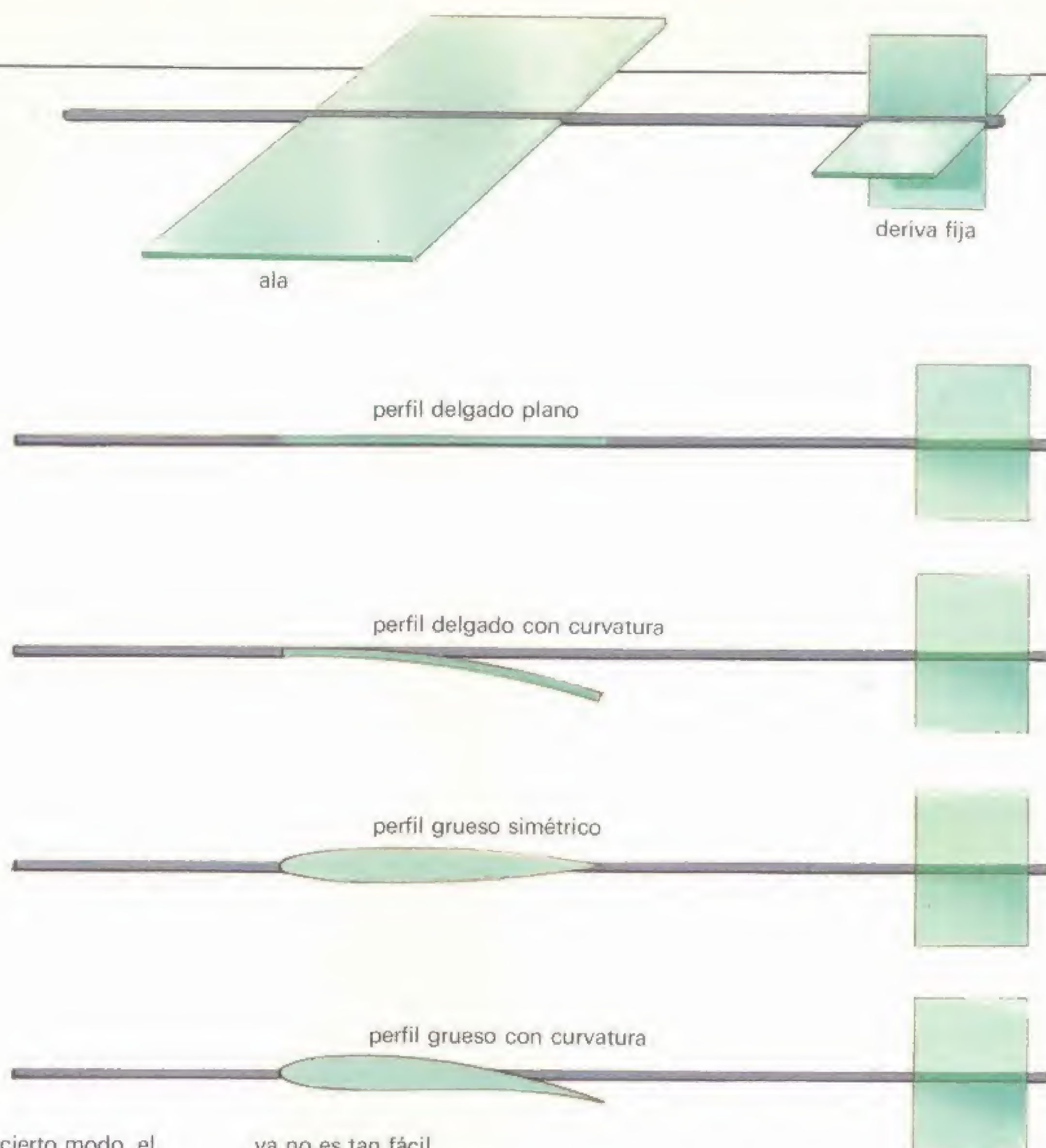
do que el avión pierda sustentación y entre en pérdida.

La sustentación alar también depende del cuadrado de la velocidad del aire: a un ángulo de ataque determinado, la sustentación puede ser de unos 1.000 kg a 100 km/h, de 4.000 kg a 200 km/h y de 9.000 kg a 300 km/h. El piloto sabe a qué velocidad debe moverse el ala para que el empuje máximo supere el peso del aparato. A bajas velocidades el empuje puede aumentarse extendiendo los *flaps* y los alerones.

No basta volar en línea recta, es necesario maniobrar No es suficiente que un avión vuele en línea recta, aunque éste es el tipo de vuelo que durante más tiempo desarrolla. Es necesario también que pueda despegar, evolucionar en el aire, maniobrar y aterrizar.

El perfil del ala debe ser adecuado para todas estas funciones, es decir, debe ser eficiente no sólo en vuelo horizontal, sino en el vuelo ascendente, descendente o incluso invertido. Por esta razón, aunque existen catálogos de perfiles normalizados cuyas características han sido estudiadas en las distintas configuraciones del vuelo, cuando el proyectista decide utilizarlos en un proyecto concreto de avión es necesario que perfeccione el perfil escogido, sometiéndolo a nuevas pruebas en el túnel aerodinámico, tanto aislado como junto con el fuselaje del avión, con los timones, los motores, etc. De aquí, nacen el perfil alar y el proyecto aerodinámico definitivo.

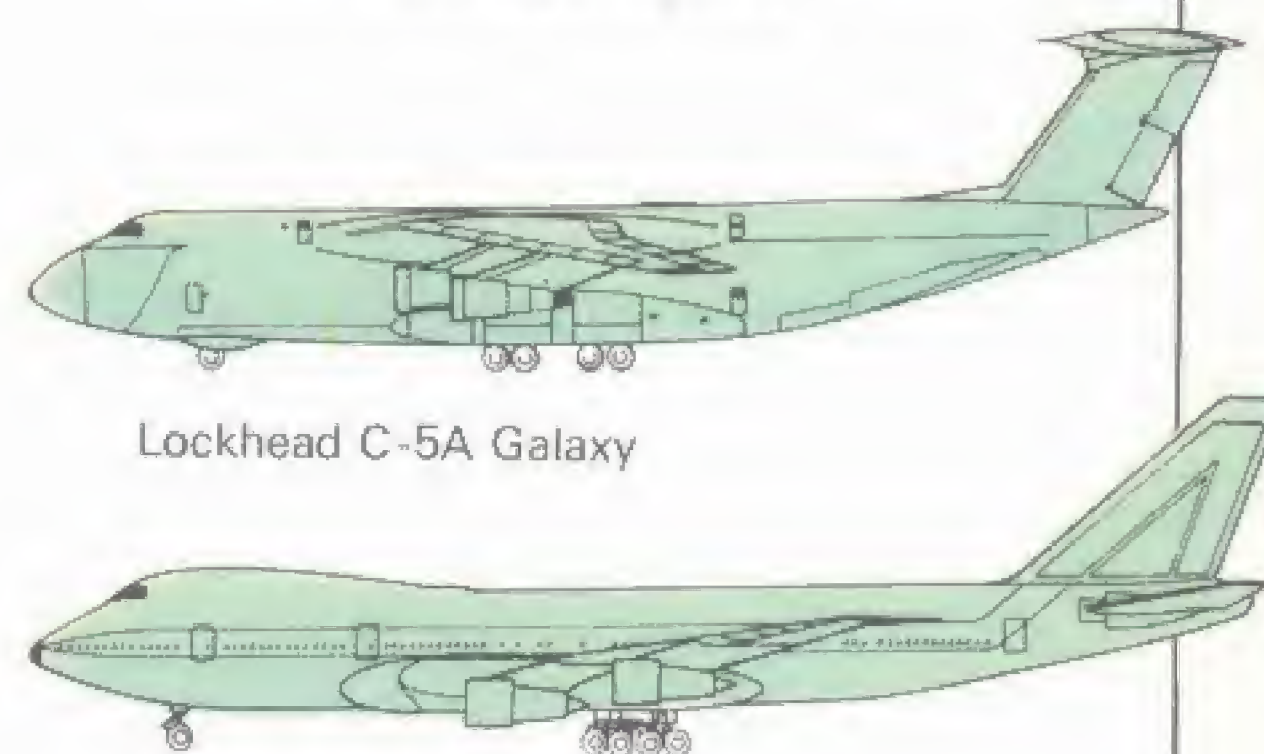
El avión supersónico exige una solución de compromiso al proyectarlo, puesto que su forma debe diferir de la de los aviones subsónicos y, sin embargo, ha de volar en algún momento a velocidades inferiores a la del sonido. En un intento de solucionar este problema surgió el concepto de alas de geometría variable: en vuelo subsónico las alas emergen del fuselaje para proporcionar el adecuado empuje ascensional, mientras que en el vuelo supersónico las alas se desplazan hacia atrás a fin de conseguir una forma de delta.



En cierto modo, el dispositivo que se muestra arriba, puede ser considerado como un avión, aunque sólo sea capaz de planear en línea recta. Pero si a los planos fijos de la deriva se aplican suplementos móviles, entonces será capaz de maniobrar convirtiéndose en un verdadero avión, aunque no tenga motor. El proyecto de un avión comercial o militar debe tener en cuenta también muchos otros principios básicos del vuelo. Un simple avión capaz de planear es fácil de realizar, pero

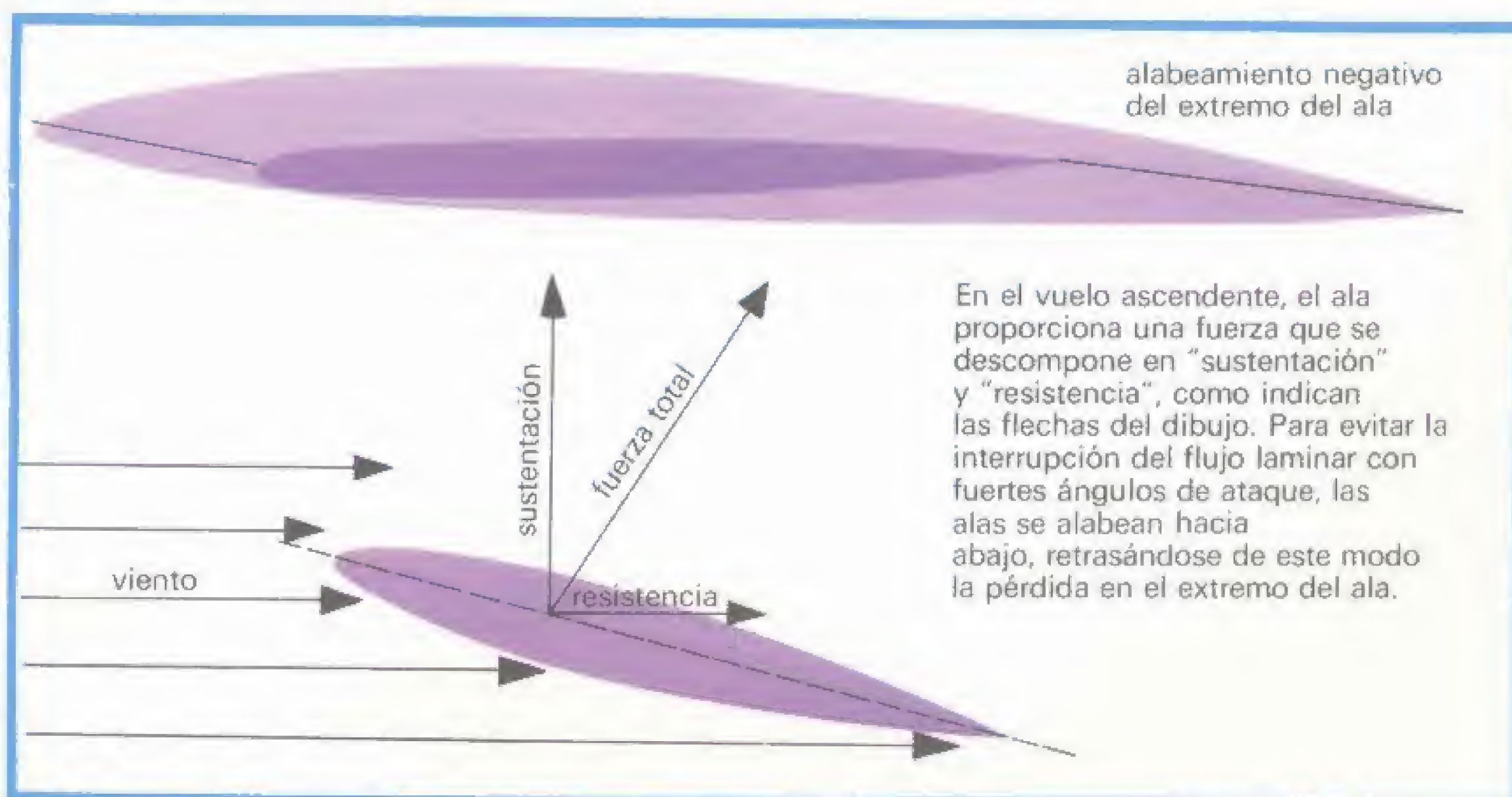
ya no es tan fácil obtener un avión capaz de realizar eficazmente maniobras seguras y rápidas. Los dos aviones de abajo poseen un comportamiento muy diferente desde el punto de vista de ciertas maniobras. El Galaxy, por ejemplo, tiene la deriva horizontal en T y es poco seguro en las configuraciones de vuelo ascendente; el Boeing, sin embargo, es mucho más seguro. Ambos tienen derivas muy grandes respecto a la superficie del ala y producen un fuerte frenado en el vuelo.

AVIONES CON DERIVAS AMPLIAS AUTOESTABLES



Lockheed C-5A Galaxy

Boeing 747 Jumbo



En el vuelo ascendente, el ala proporciona una fuerza que se descompone en "sustentación" y "resistencia", como indican las flechas del dibujo. Para evitar la interrupción del flujo laminar con fuertes ángulos de ataque, las alas se alabeo hacia abajo, retrasándose de este modo la pérdida en el extremo del ala.

Véase Aerodinámica y aeronáutica; Ala de animal; Ala de avión; Avión; Delta, ala; Túnel aerodinámico; Vuelo con energía humana; Vuelo, mecanismos de control

Vuelo con energía humana

El sueño del hombre por volar no tiene edad. Los griegos de la antigüedad expresaron este deseo en la leyenda de Icaro: según ésta, Icaro, hijo de Dédalo, intentó huir de Creta, donde estaba prisionero junto a su padre, utilizando para ello unas alas pegadas con cera a su cuerpo; pero, despreciando los consejos de Dédalo, se acercó demasiado al Sol, con lo que se derretió la cera y cayó al mar. Fuera ya de la leyenda, a finales del siglo XV, Leonardo da Vinci realizó minuciosos estudios sobre los mecanismos del vuelo. Para ello observó y analizó detenidamente el vuelo de los pájaros y, posteriormente, proyectó, efectuando dibujos muy pormenorizados y precisos, máquinas voladoras con alas batientes accionadas por la energía muscular humana.

En 1959, pilotos y proyectistas realizaron grandes esfuerzos para ganar un premio de 50.000 libras esterlinas, ofrecidas por un industrial inglés, Henry Kremer, al primer "aviador" capaz de realizar un recorrido en forma de ocho entre dos pilones, rebasando un obstáculo de 3 m en el despegue y en el aterrizaje. Este reto no se superó hasta el 23 de agosto de 1977, gracias a un avión llamado *Gossamer Condor*, proyectado por Paul B. MacReady y pilotado por Bryan Allen, un ciclista profesional convertido en biólogo. El piloto pesaba 61 kg y el aparato 31,5 kg.

El *Condor* tenía una envergadura de 29,3 m (superior de la de un DC-9). Al igual que el primer avión de los hermanos Wright, tenía un ala *canard* y una pequeña ala que se extendía delante del ala principal, cuya función consistía en ayudar al aparato a realizar ligeros virajes por el insólito procedimiento de inclinar hacia abajo el *canard* del lado de la dirección deseada. La estructura del mecanismo propulsor estaba constituida por un cuadro de bicicleta, situado en el interior del



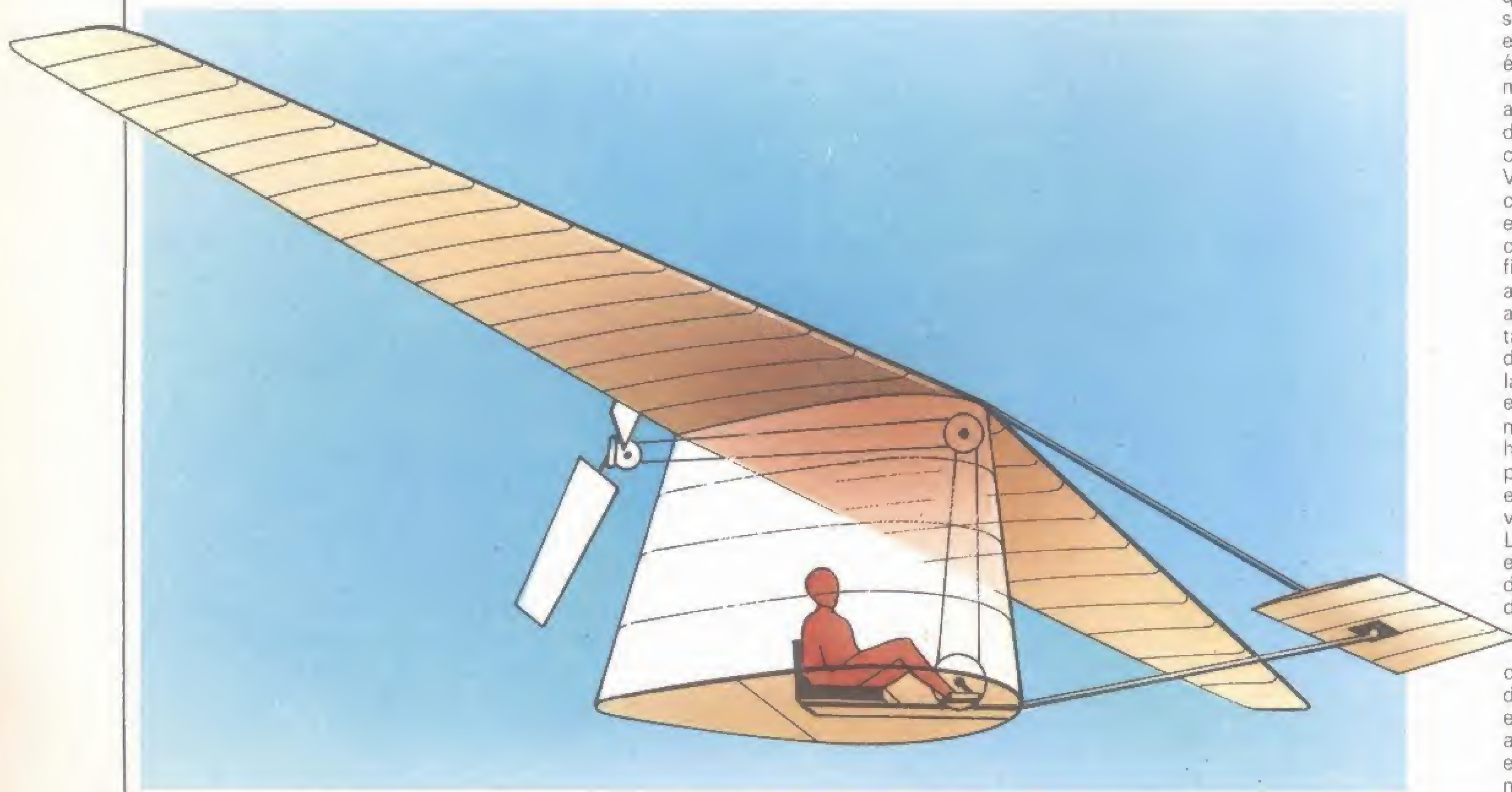
habitáculo, el piñón y cadena convencionales, movidos por los pedales, hacían girar una hélice de dos palas de ligerísima estructura. La velocidad máxima del avión era de 16 km/hora.

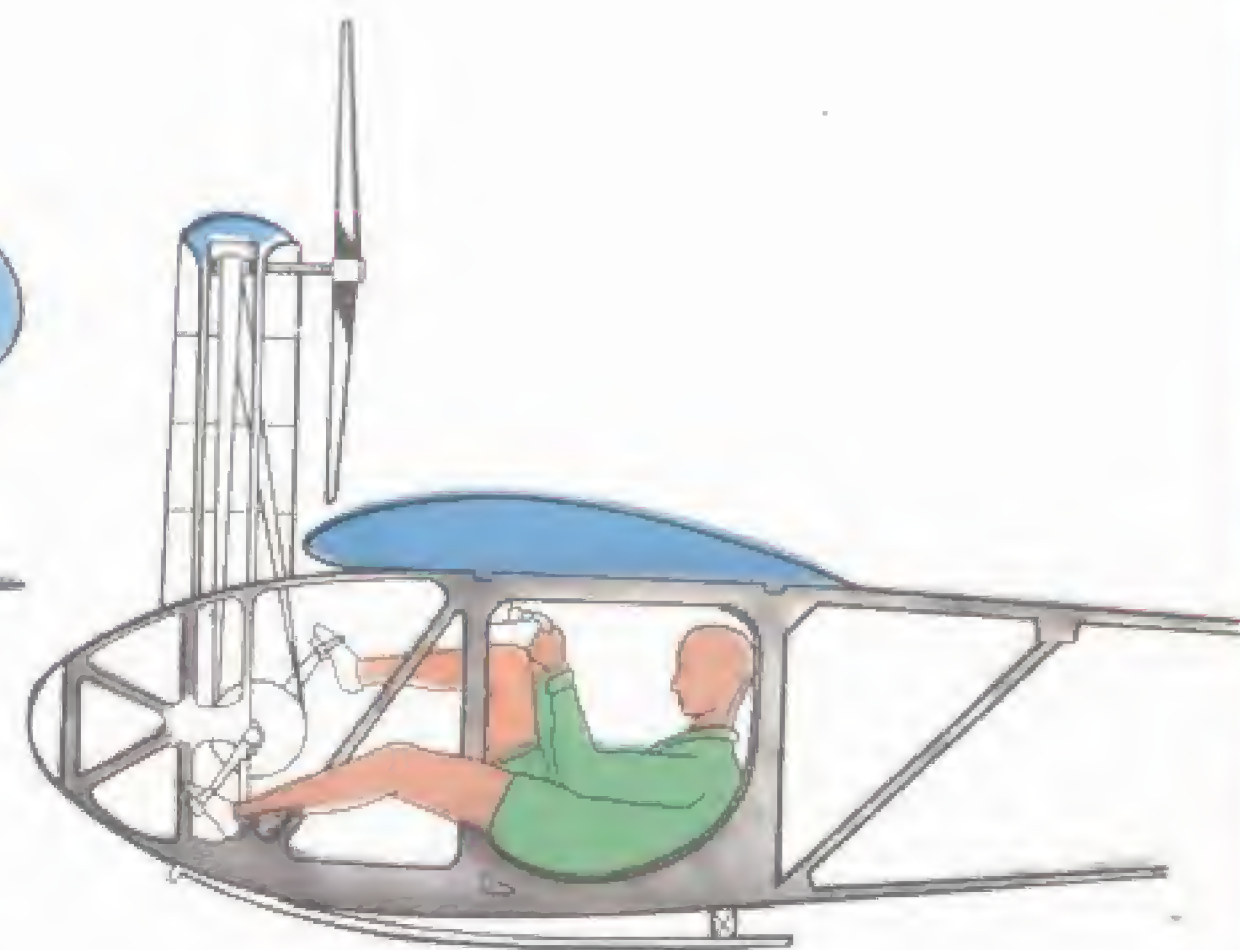
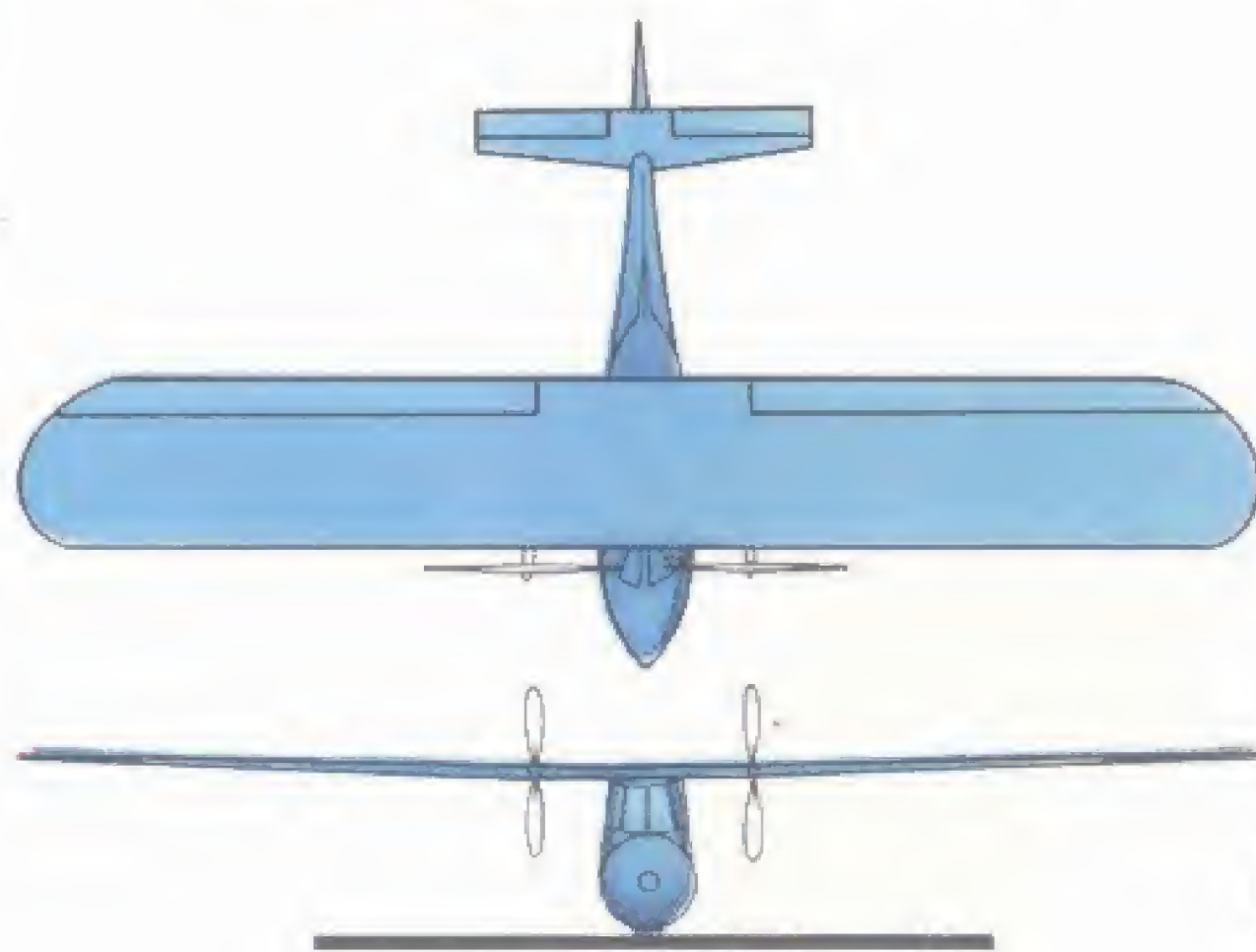
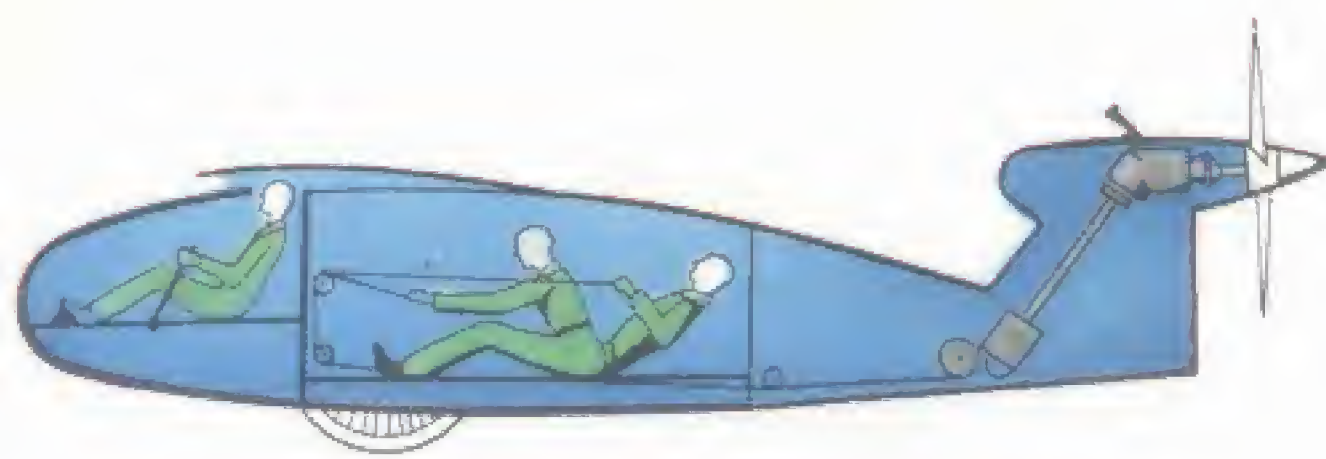
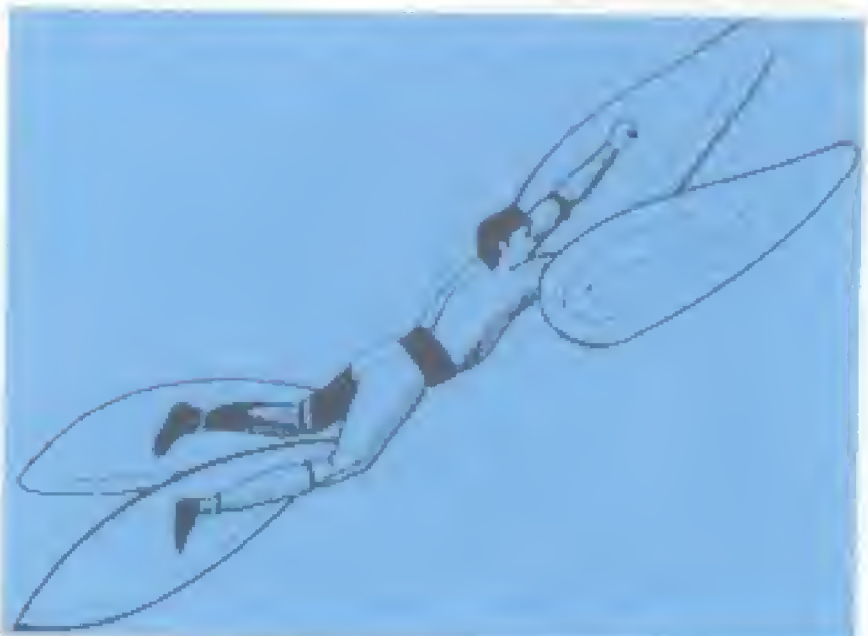
Dos años más tarde, la concepción del *Gossamer Condor* había evolucionado

En las dos ilustraciones de esta página se representan, arriba, el proyecto de Leonardo da Vinci relativo a un ornitóptero, cuyo piloto se sitúa en posición supina, y, abajo, dibujo

esquemático del *Gossamer Condor* de ala fija y propulsión a hélice. En las secuencias de imágenes de la derecha, en la página siguiente, se esquematizan algunos de los fantasiosos proyectos que se intentaron llevar a cabo en el pasado. De arriba a abajo: alas batientes del herrero francés Besnier (1678); alas de Baqueville (1742); ornitóptero de Degen (1806); ornitóptero de Bréant (1854); ornitóptero de De Groof (1864); alas batientes de J. J. Bourcart (1866) y ornitóptero de Dendrieux (1879). Poder moverse libremente en el cielo, liberándose de la necesidad de apoyarse sobre el suelo, ha constituido el sueño del hombre desde la más remota antigüedad. Esto lo demuestra el interés con que se ha estudiado el vuelo de los pájaros y la fantasía con que el hombre ha imaginado seres alados. Este sueño pertenece tanto al hombre occidental como al oriental. De hecho, la primera leyenda conocida de un hombre que intentó el vuelo tiene su origen en China. A pesar de esta aspiración, el hombre siempre ha chocado con su intrínseca incapacidad para el vuelo, debido a la imposibilidad de desarrollar una potencia muscular adecuada para el peso que debe ser sustentado. A pesar de ello, entrando en la época moderna, la mente humana ha ido afrontando el problema de forma mucho más científica. Leonardo da Vinci estudió cuidadosamente tanto el vuelo de los pájaros como su estructura física. Sus apreciaciones llevaron a la elaboración de tablas anatómicas de los pájaros y a la transposición de estas anatomías en máquinas que deberían haber sido adecuadas para el vuelo. Sin embargo, esto no se verificó, a pesar de que Leonardo se dedicó al estudio del proyecto de los ornitópteros, es decir, de los aparatos

con alas batientes, que deberían haber imitado el vuelo de los pájaros, accionados por la escasa potencia muscular del hombre.





Recientemente, el problema del vuelo por energía humana ha sido afrontado con un mayor bagaje de conocimientos científicos, tanto por lo que se refiere a la aerodinámica como por lo que concierne a las estructuras y a los materiales empleados en su realización. A la izquierda, arriba, sección longitudinal de la parte central del ala voladora, con su tripulación, concebida por R. Posniak. Debajo, vista lateral, en planta y frontal, del planeador a pedales, dotado de dos hélices, de Bossi-Bonomi. Abajo, sección longitudinal de un hipotético avión de propulsión muscular.

hasta tal punto que MacReady se sintió capaz de intentar una prueba más ardua que el vuelo en circuito cerrado. Con un nuevo avión, el *Gossamer Albatross*, se atrevió a aceptar el desafío de otra competición patrocinada por Kremer, la de cruzar el canal de la Mancha. El 12 de junio de 1979, Allen despegó pedaleando desde Folkeston, en Inglaterra, y se puso en ruta hacia Cap Gris Nez, en Francia, a 36 km de distancia.

Allen empleó 2 horas y 49 minutos, y el viaje estuvo exento de accidentes. En cierto instante, el *Albatross* descendió hasta situarse a sólo 15 cm de las olas antes de que Allen, con esfuerzos sobrehumanos, consiguiese elevarlo a la altura más segura de 1,5 m. Más adelante, a lo largo del recorrido, fue amenazado por ráfagas de viento. Sin embargo, cuando estaba a punto de pedir que lo remolcase el barco de apoyo, encontró aire tranquilo a aproximadamente 5 m de altura, lo que le permitió proseguir la travesía. A unos 30 m de la playa de Cap Gris Nez, utilizando sus reservas finales contra un intenso viento de proa, atravesó la última extensión de agua, se inclinó virando sobre la arena y, finalmente, pudo dejar de pedalear. Irónicamente, el viento lo mantuvo

elevado todavía durante algunos segundos, pero el *Albatross* aterrizó sin más problemas.

Hay todavía mucho que escribir sobre la historia del vuelo con energía humana. Experimentadores ingleses, franceses, japoneses y otros habían intentado ganar el premio Kremer. Consiguieron de hecho elevarse, pero no alcanzaron ni el grado de control ni la excepcional eficiencia aerodinámica a baja velocidad, así como la resistencia, que permitió, primero al *Condor* y después al *Albatross*, conseguir los resultados deseados.

Seguramente, el hombre sigue siendo el factor más problemático en esta modalidad de vuelo, en el caso de los dos primeros éxitos de vuelo con energía humana, el piloto pesaba el doble que el avión. Esto significa que la relación potencia humana/peso (aproximadamente 3 CV generados en promedio por un atleta con un peso de 70 kg) deberá ser aplicada a una aerodinámica de baja velocidad y a unos mecanismos de conversión de la energía humana cada vez más sofisticados.

Véase Aerodinámica y aeronáutica; Ala de avión; Avión; Vuelo, principios del

Vuelo supersónico

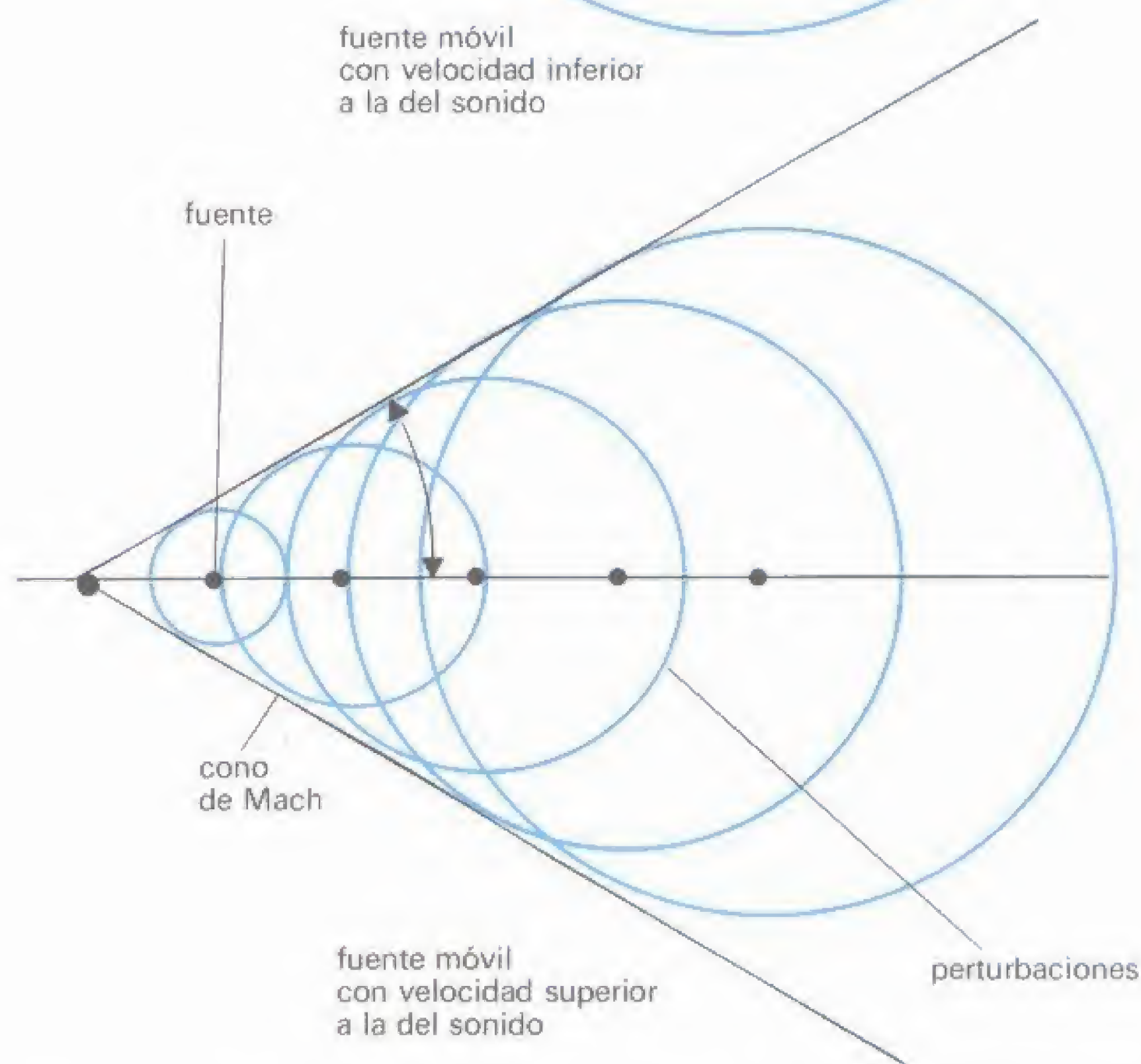
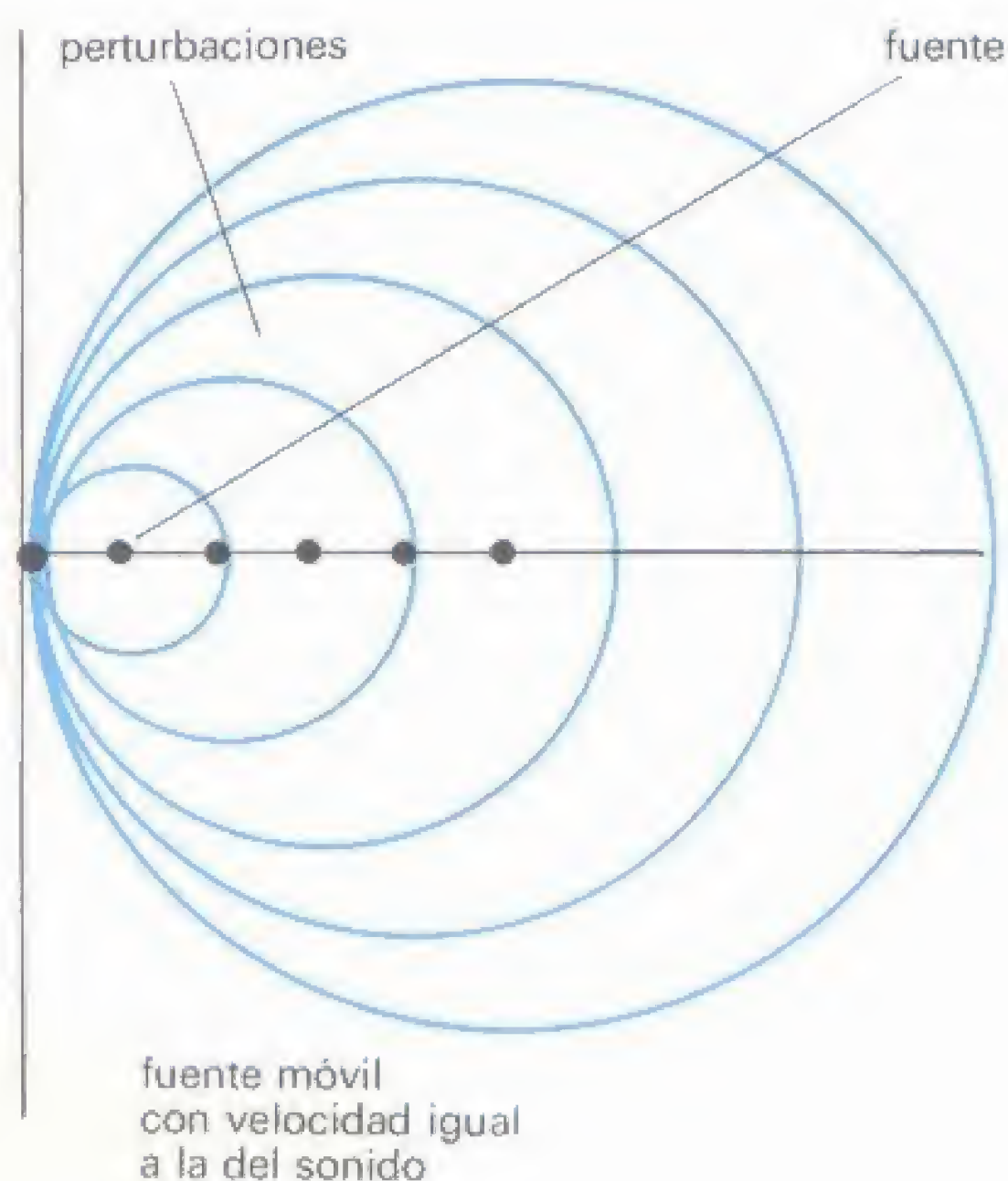
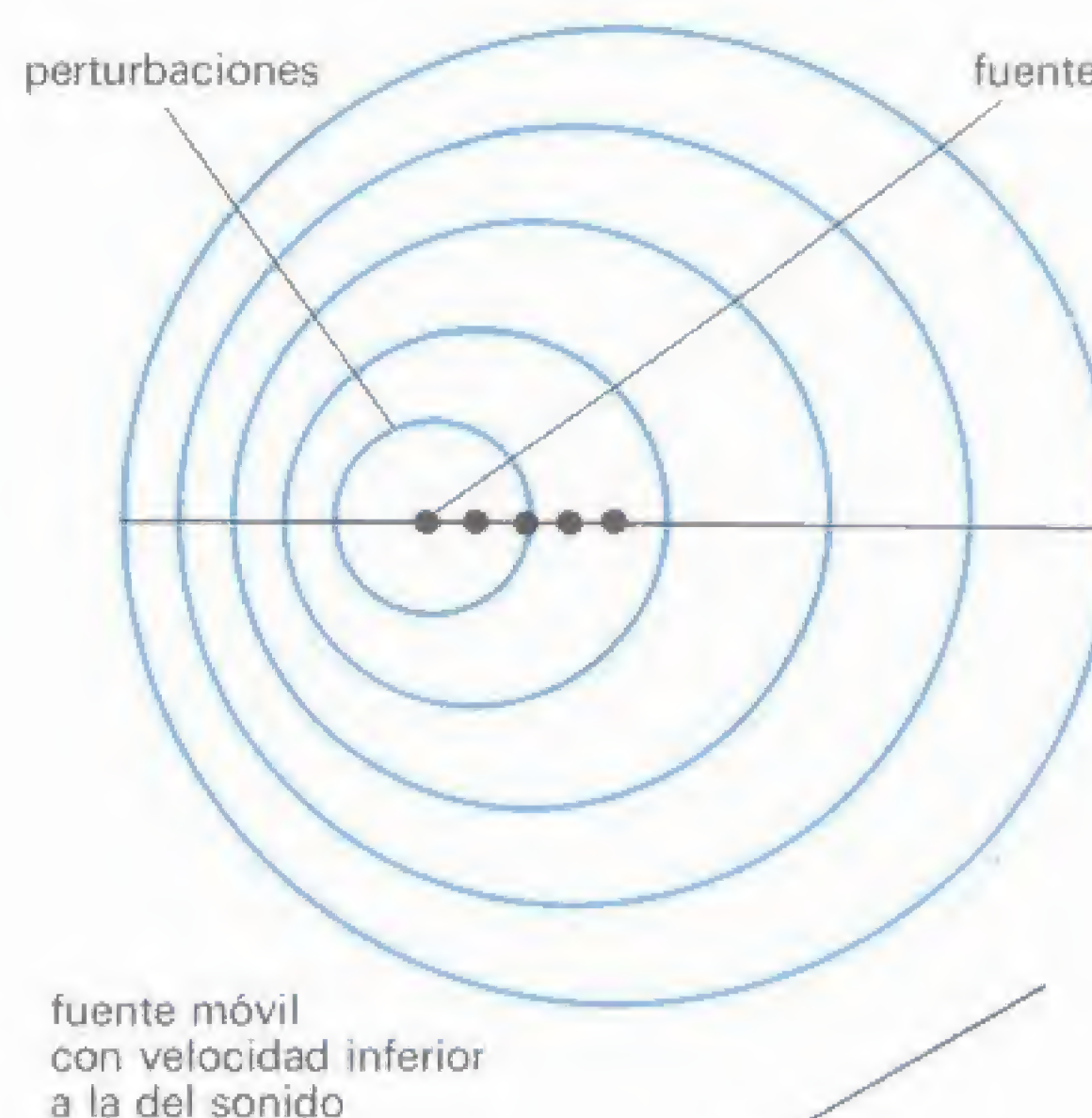
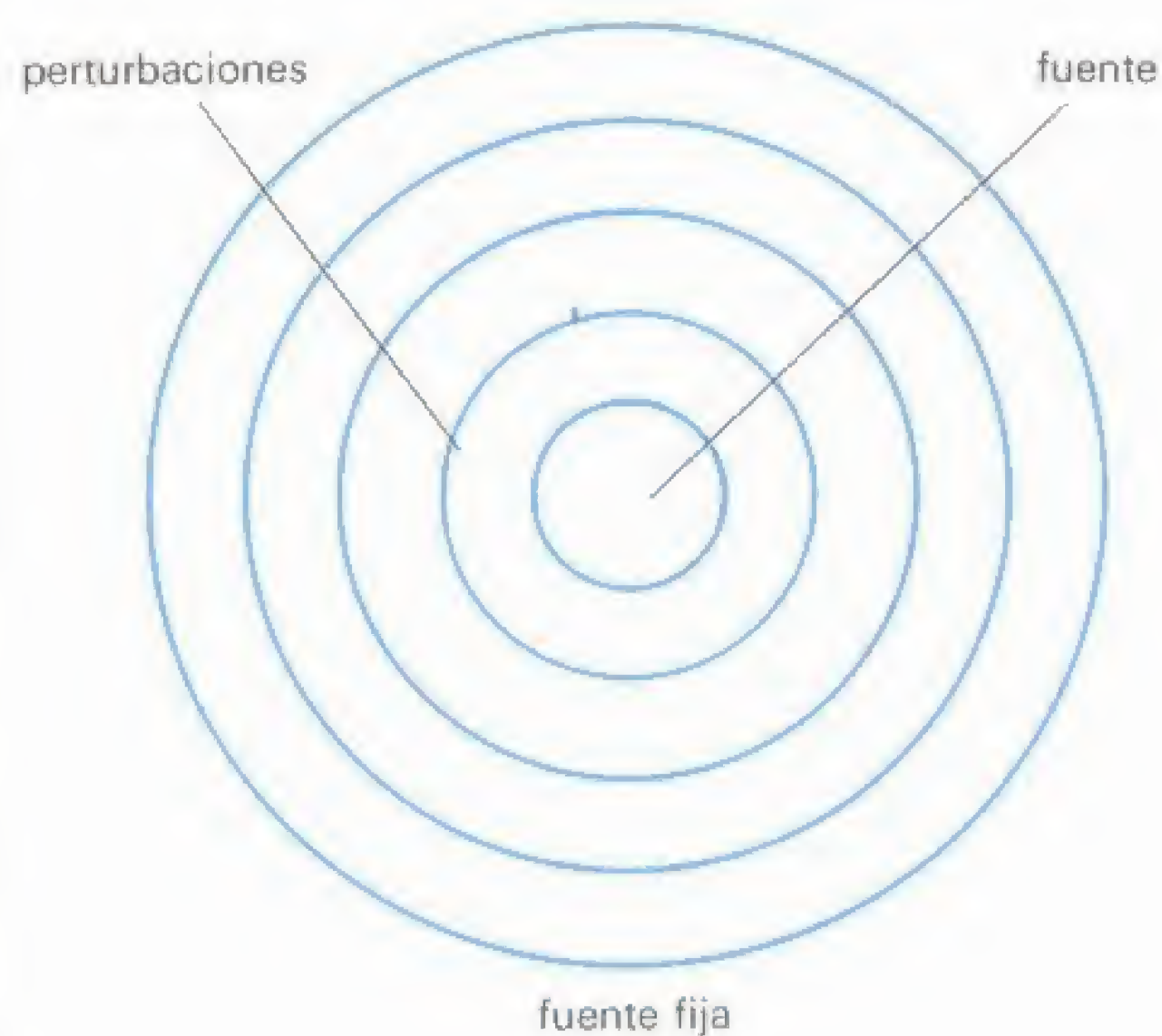
A principios del siglo XX el hombre consiguió conquistar el cielo. El trabajo de los hermanos Wright constituyó la culminación de todos los anteriores ensayos aeronáuticos y estudios de aerodinámica llevados a cabo por el hombre, dando forma al primer avión de motor con interés práctico. En 1903, dicho avión voló, por primera vez, durante algo menos de un minuto, alcanzando una velocidad aproximada de 64 km/h. Desde entonces los aviones se han convertido en aparatos

das y las terribles turbulencias que encontraban a tales velocidades e, incluso, algunos aviones se desintegraron literalmente debido a las oscilaciones sufridas. Todo ello ocurría cuando el avión se acercaba a la velocidad del sonido.

El sonido se propaga en el aire en forma de ondas, de modo muy similar a las olas que se originan en un estanque cuando se lanza una piedra al agua. Las ondas sonoras están constituidas por ligeras variaciones de la presión del aire. Cuando la

das sonoras, que se siguen propagando detrás de él, a partir de la punta del fuselaje y según una superficie cónica. La llamada "barrera del sonido", en correspondencia con la cual se manifiestan estos efectos de compresión, es una zona donde se produce un fuerte aumento de la presión de forma discontinua (onda de choque).

Las soluciones posibles En los primeros tiempos, los técnicos consideraron



mucho más grandes, seguros y versátiles y, sobre todo, más veloces.

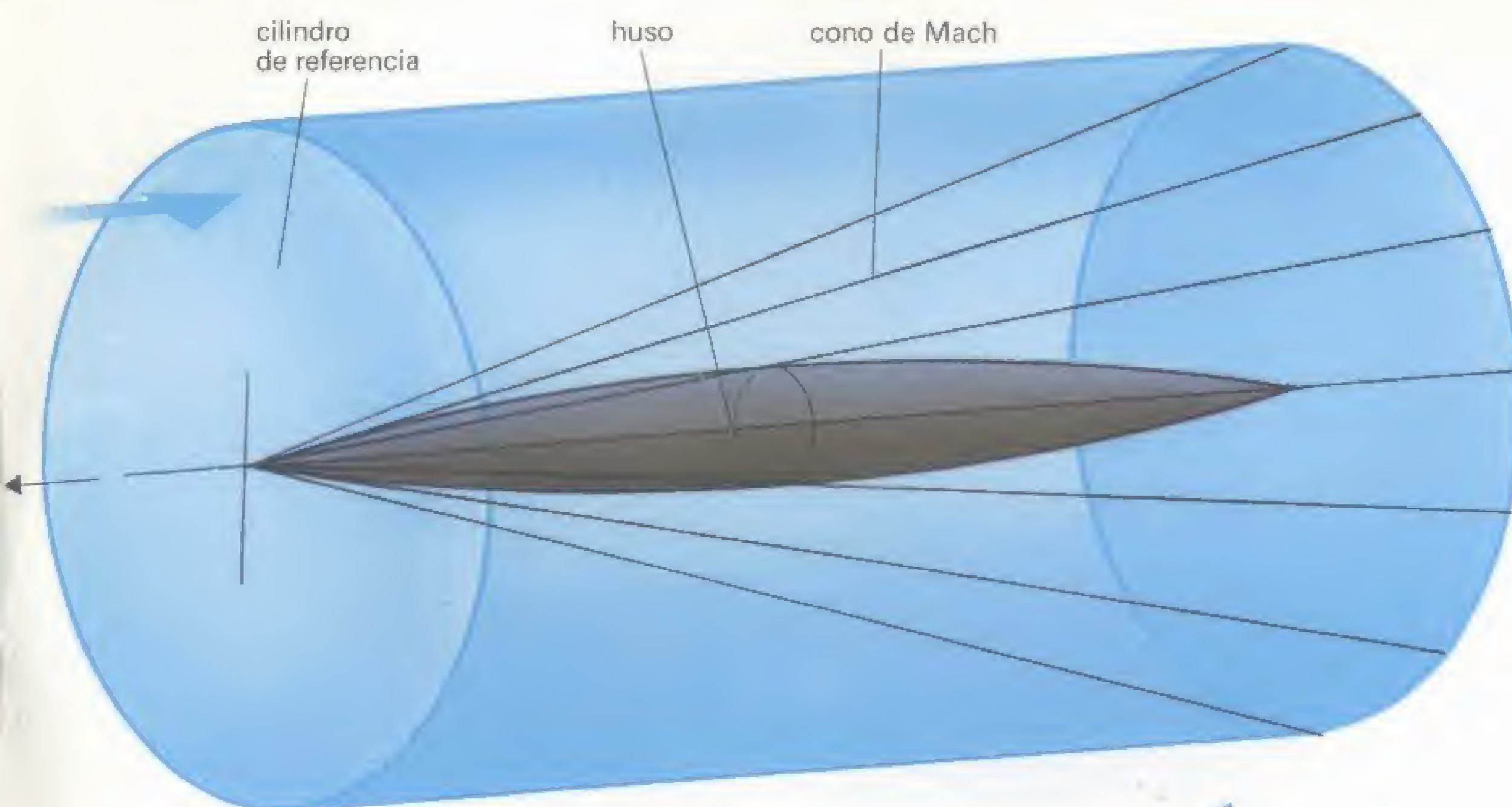
Desde siempre, el hombre se ha sentido fascinado por la velocidad, y el desarrollo del avión ha constituido un factor decisivo en este reto por ir siempre más deprisa. La tecnología realizó, en este sentido, importantísimos progresos a lo largo de los años cuarenta; sin embargo, fue durante esta época cuando se detuvo frente a un obstáculo extremadamente difícil de superar: la barrera del sonido.

La "barrera del sonido" Desde finales de la II Guerra Mundial, los cazas podían superar los 950 km/h en los picados con motor. Los pilotos que intentaban este tipo de maniobra relataban las fuertes sacudi-

fuente del sonido está en reposo, como es el caso de la piedra lanzada al agua, las ondas se mueven hacia el exterior describiendo círculos concéntricos. Si esta fuente se mueve, "persigue", en la dirección de su movimiento, las ondas que ella misma produce. El mismo fenómeno ocurre en el caso de un avión: si su velocidad es inferior a la del sonido, las ondas sonoras que genera se propagan alejándose siempre por delante del avión.

Al aumentar la velocidad del avión, éste comprime las ondas, aumentando también, de este modo, la presión del aire que tiene delante. Cuando la velocidad del avión supera la del sonido (que es de aproximadamente 1.225 km/h al nivel del mar) el avión "adelanta" a sus propias on-

que el vuelo transónico, o sea, a velocidades próximas a la del sonido, era imposible. Sin embargo, las distintas innovaciones tecnológicas modificaron pronto esta opinión. En primer lugar, la aparición y el perfeccionamiento de los motores a reacción permitieron alcanzar el empuje necesario para superar la resistencia aerodinámica que el aire ejercía a velocidades sónicas. En segundo lugar, una construcción más robusta de los aviones permitió superar sin inconvenientes las vibraciones que se producían durante la transición de velocidad subsónica a velocidad supersónica. En tercer lugar, y éste es seguramente el punto más importante, se aportaron mejoras aerodinámicas a la forma del ala y del fuselaje.

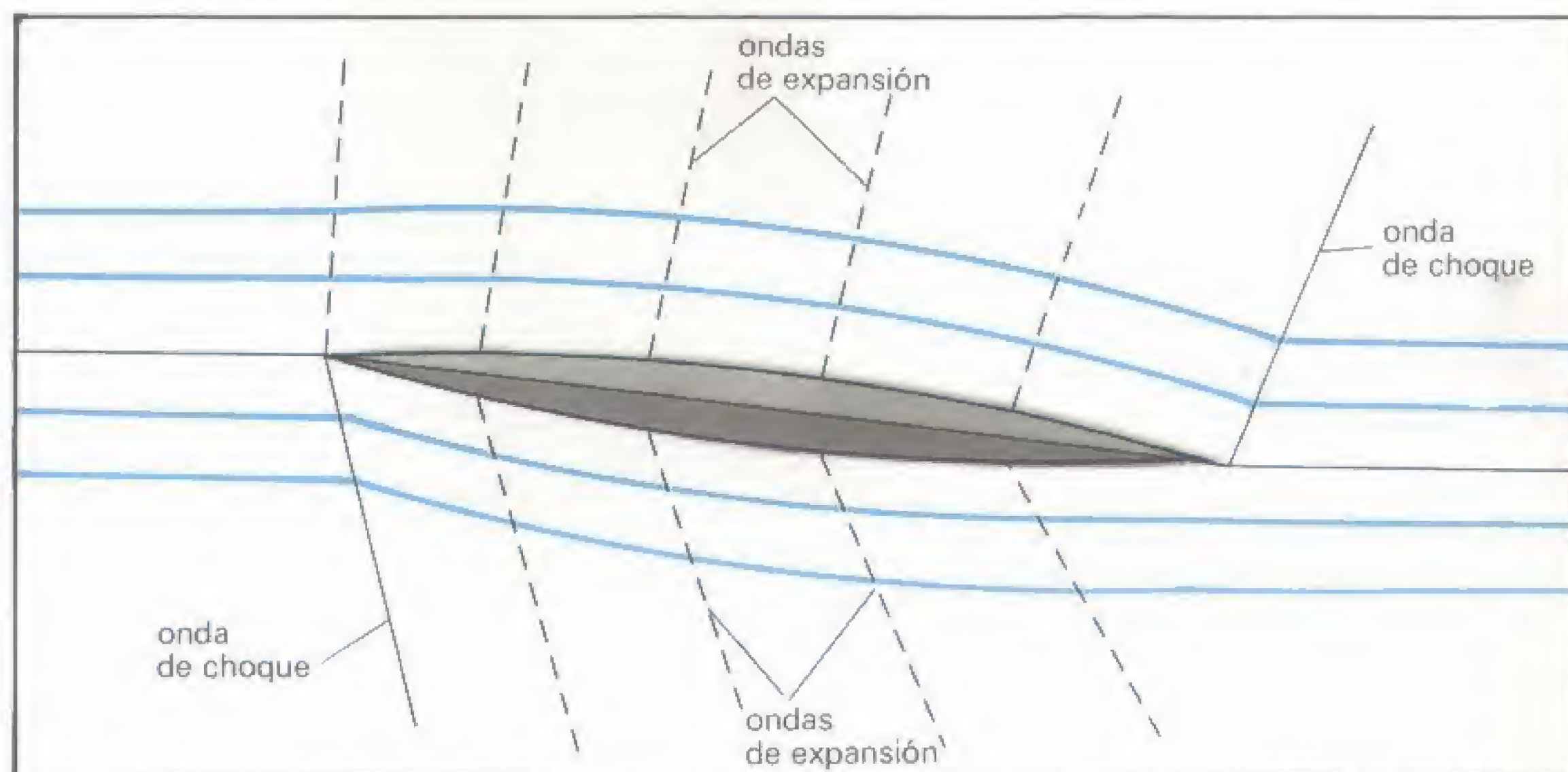
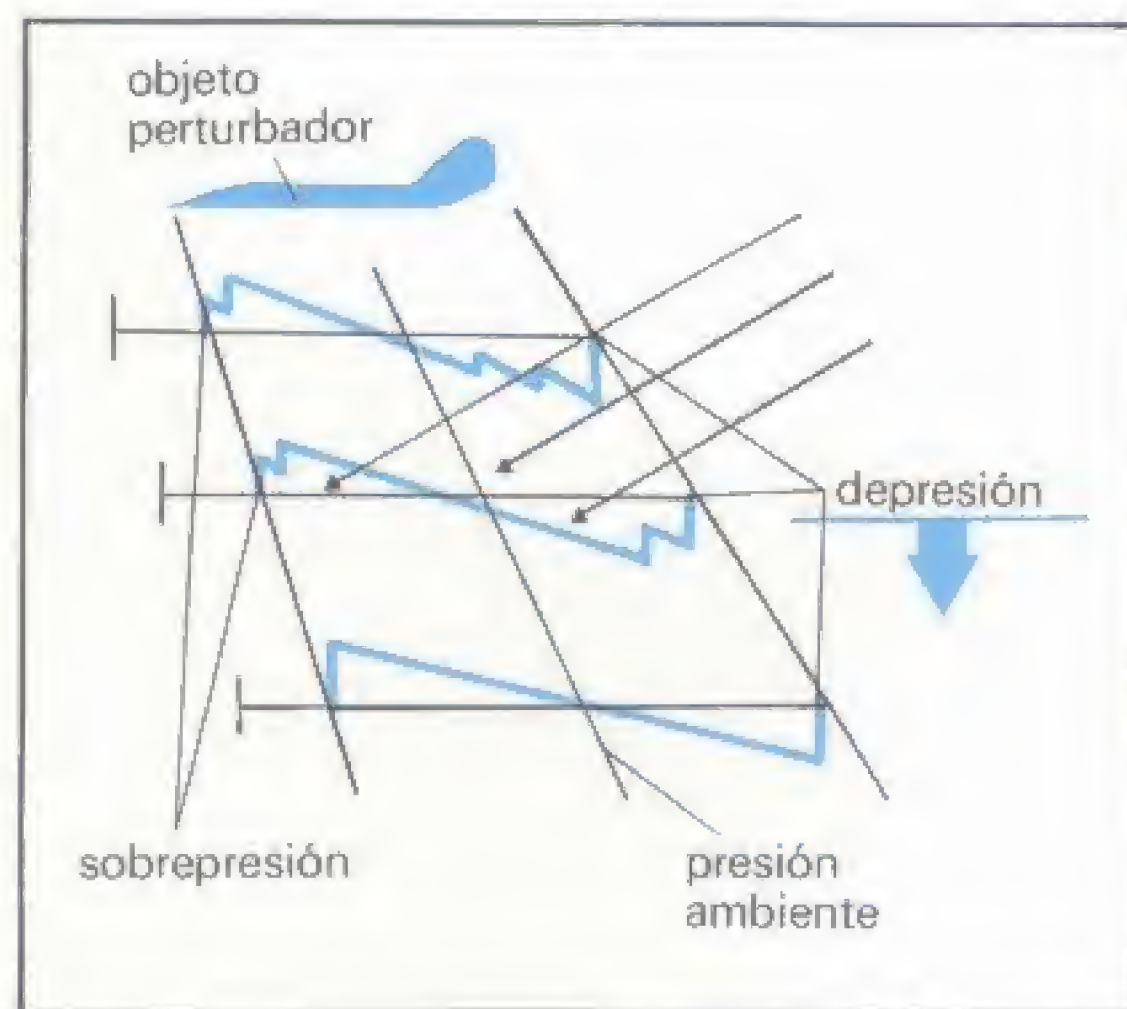
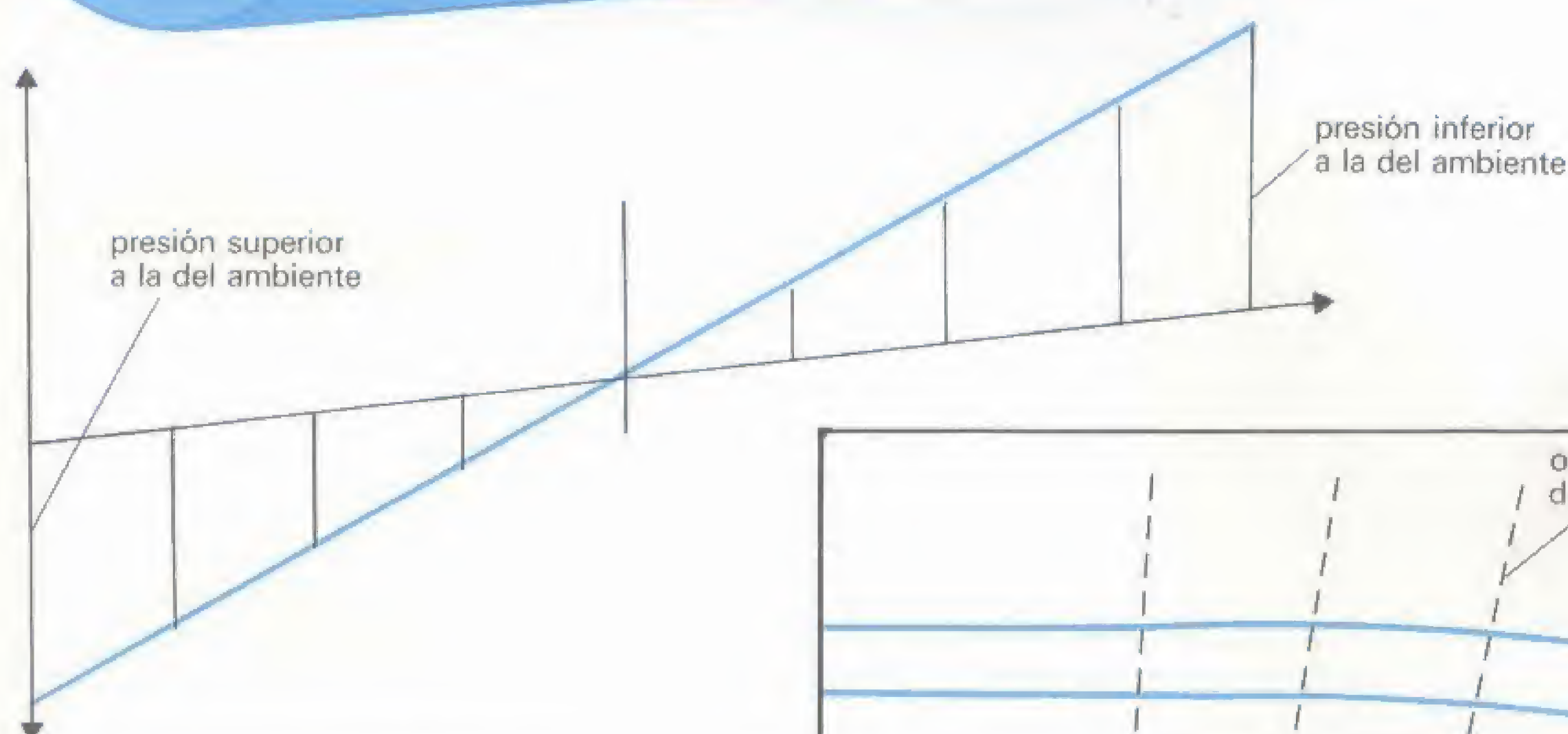


El movimiento del aire alrededor del ala proporciona la fuerza de sustentación que permite volar al avión. Las alas subsónicas se construían con perfiles curvos y lisos, con el fin de facilitar el movimiento del aire, manteniendo su eje, por lo general, perpendicular al fuselaje del avión. Los estudios de aerodinámica, sin embargo, pusieron de manifiesto que, en régimen transónico, la aceleración de la corriente de aire sobre el ala podía llevar a velocidades supersónicas, creando una onda de choque en la superficie superior del ala capaz de provocar una pérdida de control del aparato.

Este problema fue resuelto inclinando el ala hacia atrás. Estas alas "en flecha" retardan y disminuyen los efectos de la onda de choque, y minimizan la resistencia producida a elevadas velocidades.

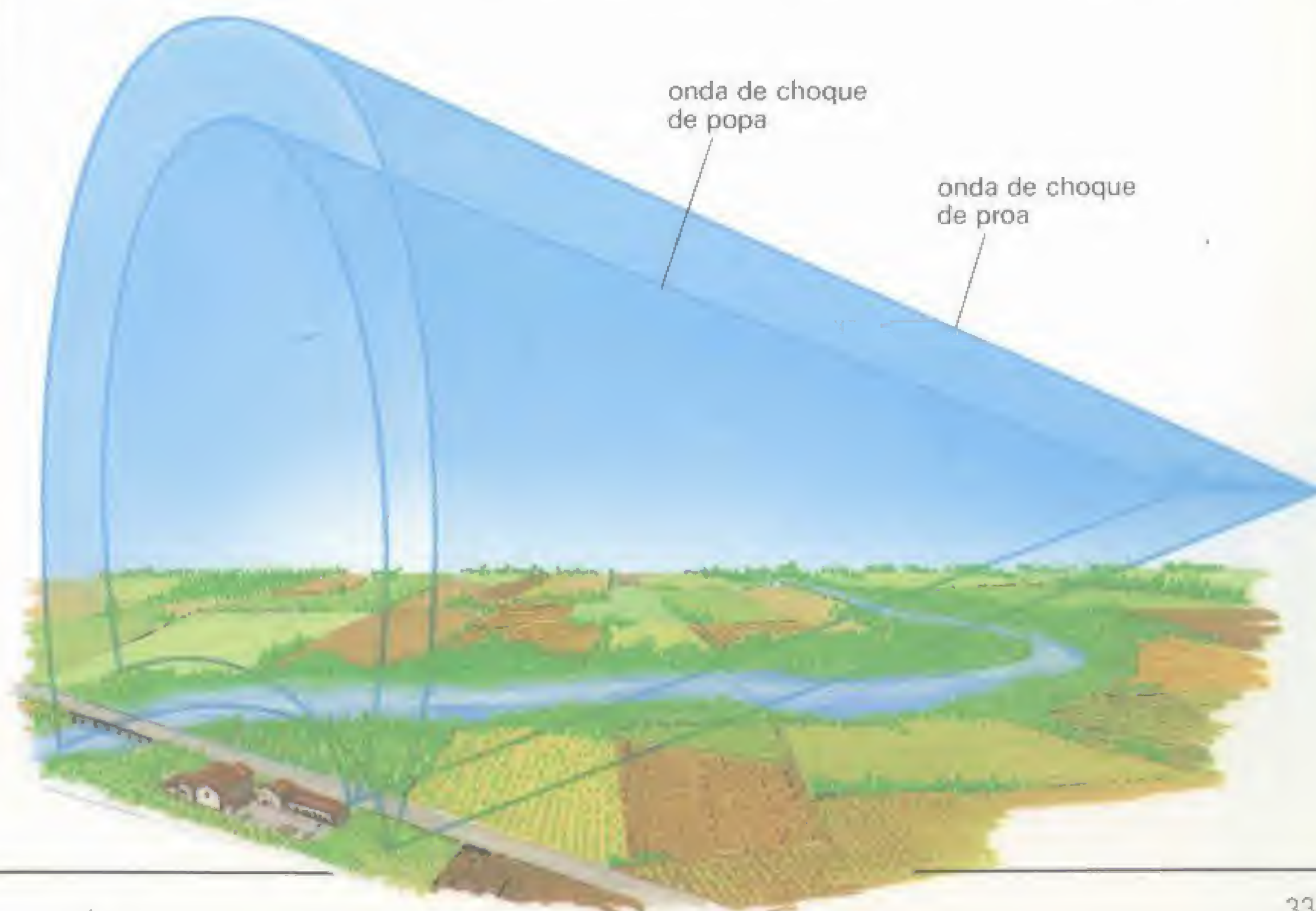
El perfil redondeado del borde de ataque del ala subsónica también se mostró poco efectivo en las condiciones de vuelo supersónico; por otra parte, el notable espesor de los perfiles subsónicos contribuía a aumentar la intensidad de las ondas de choque.

Con el fin de paliar estas deficiencias se desarrollaron perfiles alares delgados que, según se comprobó, ofrecían una me-



En la página anterior, cuatro casos de propagación de perturbaciones en la atmósfera: cuando la fuente está fija; cuando la fuente se mueve a velocidad inferior a la de propagación de las perturbaciones; cuando la fuente se mueve a la misma velocidad; y, finalmente, cuando la fuente se mueve a velocidad superior. Arriba, formación del cono de Mach para un cuerpo fusiforme a velocidad supersónica. En el centro, a la derecha, formación de las ondas de choque

en un perfil biconvexo a velocidad supersónica. Arriba, esquema de la generación de los campos de presión referidos a la presión ambiente, para un avión en vuelo supersónico. Cuanto más nos alejamos del avión más se pierden algunos particulares "escalones" de presión, para llegar a tener solamente una zona de sobrepresión a proa y una de depresión a popa. A la derecha, los dos conos de Mach (el de proa y el de popa) interfieren con el suelo.





Air France

nor resistencia aerodinámica en régimen de vuelo supersónico.

El vuelo supersónico El primer vuelo a velocidad mayor que la del sonido tuvo lugar el 14 de octubre de 1947, como resultado de un programa de dos años de duración, cuando el avión Bell X-1, accionado por un motor a reacción, alcanzó la velocidad de Mach 1,06 (el *número de Mach*, que toma el nombre del físico alemán que lo formuló, expresa la relación entre la velocidad de un objeto en el aire y la velocidad del sonido, también en el aire, en las mismas condiciones de presión y temperatura). Este acontecimiento produjo el primer "estallido sónico": la onda de choque se advierte desde tierra como una fuerte explosión.

A la izquierda se ilustra cómo pueden interferir las ondas de choque en la estructura de un avión durante el vuelo supersónico. La proa del avión genera una onda de choque que podría interferir en las tomas de aire del motor, produciendo,

así, efectos del todo indeseables. Para obviar este inconveniente se puede, por ejemplo, prolongar ficticiamente la proa del avión, de modo que la onda de choque interfiera con las partes del fuselaje menos críticas. Los estudios y la

Las aplicaciones modernas En los tiempos actuales, el vuelo supersónico se ha convertido en algo habitual, tanto en el campo militar como en el civil. El Concorde, avión de línea supersónico, realiza vuelos comerciales regulares a una velocidad superior al doble de la velocidad del sonido.

Esto se ha logrado tras muchos años de estudios, experimentación y pruebas de vuelo, cuyo principal objetivo consistía en comprobar los efectos que el vuelo supersónico podía ejercer en el ambiente.

Véase **Aerodinámica y aeronáutica; Avión; Avión, estructura y producción; Avión, motor; Avión, proyecto; Avión a reacción, motor de; Avión supersónico; Vuelo, principios del**

experiencia en el vuelo supersónico han conducido a la realización de un avión supersónico civil, nacido de la colaboración de las industrias aeronáuticas británica y francesa. Arriba, una imagen del Concorde en vuelo. También en el campo

militar se han desarrollado aviones supersónicos todavía más perfeccionados. En la imagen de la derecha, el Tornado, producto de un consorcio de industrias europeas y caracterizado por sus alas de geometría variable.



Comando I Regione Aerea (Italia)



Walkie-talkie

El walkie-talkie, popular aparato de comunicación portátil, se perfeccionó durante la II Guerra Mundial para satisfacer la necesidad de establecer una comunicación rápida, fácil y eficaz entre las posiciones avanzadas de las tropas y la retaguardia.

El walkie-talkie moderno es un aparato de radio para comunicación bidireccional, formado por un receptor y un transmisor, y con el tamaño de un aparato telefónico pequeño. Puede tener un alcance variable entre 1 y 5 kilómetros y su aplicación principal está en las comunicaciones militares, aunque tiene otros muchos usos.

Características Un walkie-talkie tiene que ser ligero, compacto y autónomo. La utilización de transistores permite satisfacer perfectamente las dos primeras especificaciones, por tratarse de componentes mucho más pequeños y resistentes que las válvulas de vacío utilizadas en un principio con el mismo fin. El uso de circuitos impresos elimina el cableado eléctrico, haciendo que el aparato sea compacto.

Por otro lado, con los materiales plásticos modernos se pueden fabricar cajas resistentes que proporcionan una buena protección contra los inevitables choques que sufren en su empleo habitual.

Todos los aparatos tienen una alimentación autónoma por pilas, fácilmente reemplazables una vez agotadas. El walkie-talkie es un aparato de radio receptor-transmisor en modulación de frecuencia (FM = *frequency modulation*), que trabaja en las bandas de VHF y UHF (frecuencia muy alta y ultra alta).

Tanto el transmisor como el receptor están sintonizados en una frecuencia determinada, para que su utilización sea lo más práctica posible. El operador sólo tiene que oprimir un pulsador para transmitir y soltarlo para recibir.

La utilidad del walkie-talkie en las operaciones militares se hizo evidente desde el primer momento, y, al acabar la II Guerra Mundial, empezó a tener numerosas aplicaciones también en la vida civil.

Actualmente, el walkie-talkie es utilizado con frecuencia por los servicios de policía, de bomberos, de control de tráfico, de personal médico de urgencia, etc. Por ejemplo, es evidente la utilidad que tiene para un jefe de bomberos el estar constantemente en contacto con los distintos grupos de hombres que están trabajando dentro de un edificio en llamas o en operaciones de socorro de alta montaña.

Los militares, sobre todo los pertenecientes al Ejército de Tierra, siguen siendo los principales usuarios de este tipo de aparatos. La complejidad en el manejo de las sofisticadas armas actuales, en condiciones de combate que varían rápidamente, hace que la posibilidad de disponer de sistemas de comunicación eficaces, como es el walkie-talkie, sea absolutamente indispensable.

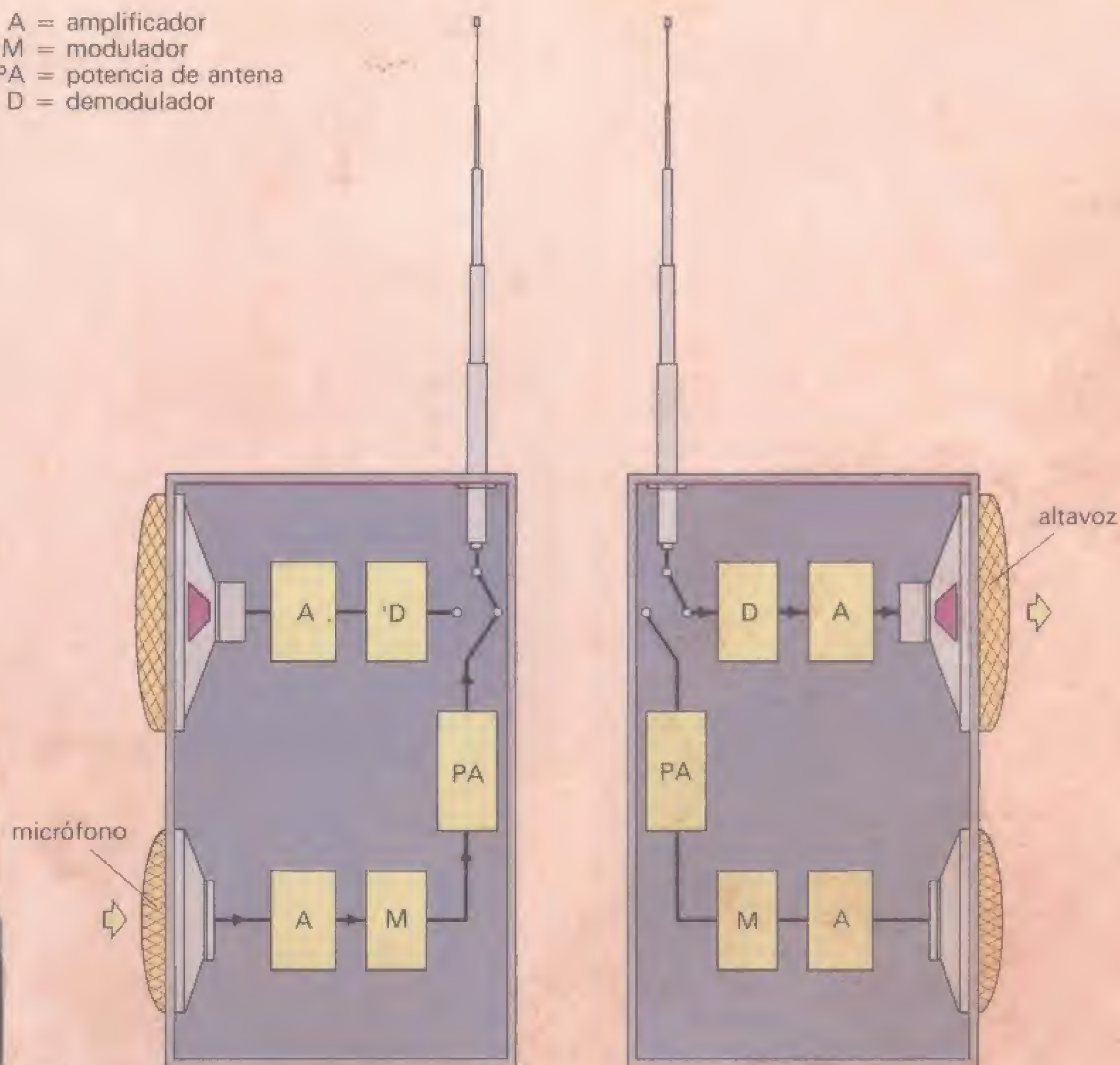
Algunos modelos militares más sofisticados tienen también la posibilidad de transmitir y recibir simultáneamente en varias frecuencias distintas, haciendo uso de conmutaciones, con el fin de evitar posibles escuchas no deseadas. En la página siguiente, abajo, una mujer policía comunica con un centro de control distante, en la ciudad de Londres.



Véase **Radio; Radiocomunicaciones; Telecomunicaciones militares**



A = amplificador
M = modulador
PA = potencia de antena
D = demodulador



En estas dos páginas, un modelo actual de walkie-talkie (en inglés, "hablando y andando"). El nombre que designa a este aparato es en cierto modo un anacronismo. Era adecuado durante la II Guerra Mundial, cuando resultaba prodigioso que los soldados pudieran hablar por radio mientras andaban por el campo de batalla. En aquella época, las válvulas de vacío eran el corazón del aparato y necesitaban una alimentación

con baterías o acumuladores pesados. Entonces se utilizaba la modulación de amplitud, que no protegía contra los ruidos. Actualmente, el walkie-talkie funciona con transistores y la alimentación se obtiene con pilas de poca potencia. El modelo que vemos en la fotografía (POL MAR Vanguard) dispone de un micrófono, un altavoz y varios ajustes; la antena es telescópica y, por tanto, se pliega en el cuerpo del aparato.

Arriba, a la izquierda, el aparato está preparado para la transmisión, que se produce siguiendo las fases de amplificación, modulación y amplificación de potencia de antena. A la derecha, en posición de recepción: la señal llega a la antena y, con el micrófono desconectado, pasa a través del demodulador, amplificador y altavoz, hasta alcanzar el oído del oyente. Los dos aparatos son idénticos y simétricos.



Wolframio

NOMBRE	WOLFRAMIO o TUNGSTENO
SÍMBOLO	W
ETIMOLOGÍA DEL NOMBRE Y DEL SÍMBOLO	del alemán <i>Wolfram</i> , palabra de origen incierto; tungsteno, del sueco <i>tung</i> , "pesado", y <i>sten</i> , "piedra"
N. ATÓMICO	74
PESO ATÓMICO	183,85
ESTADO NATURAL	en los minerales wolframita, ferrierita, scheelita
DESCUBRIMIENTO O AISLAMIENTO	C. W. Scheele (1781) F. y J. Elhuyar (1783)
PRODUCCIÓN	fusión de la wolframita con carbonato sódico y reducción con hidrógeno
P. f. °C	3.410
P. eb. °C	5.930
PESO ESPECÍFICO O DENSIDAD	19,3
PROPIEDADES Y APLICACIONES	metal duro, utilizado para filamentos de lámparas eléctricas y en la industria electrónica

A este elemento se le llama también *tungsteno*, del sueco *tung sten*, que significa "piedra pesada". El wolframio es uno de los metales más duros y más pesados: su peso específico se acerca al del oro. Funde a temperatura más elevada que otros metales, lo que le convierte en un elemento muy útil para la fabricación de los filamentos de las lámparas eléctricas. Es también empleado para aumentar la dureza y la resistencia del acero, tanto a altas como a bajas temperaturas: el acero al wolframio es muy utilizado en la fabricación de utensilios de corte, empleados en la industria mecánica.

El grupo de transición y la familia del cromo El wolframio es uno de los elementos de transición. Este calificativo se

refiere a su ubicación en la Tabla periódica de los elementos. La tabla periódica representa una clasificación sistemática de los elementos químicos y fue originalmente compilada por el científico ruso Dmitrij Mendeleev, entre 1832 y 1907. En esta tabla, los elementos están dispuestos en líneas horizontales y columnas verticales, según su estructura atómica. Los elementos de transición están localizados en la mitad izquierda de la tabla y presentan características análogas. Casi todos son metales con un elevado punto de fusión y de ebullición, y son óptimos conductores del calor y de la electricidad (el mercurio es líquido a temperatura ambiente, y algunos elementos que pertenecen al grupo de los alcalinotérreos presentan puntos de fusión que son más elevados que los de ciertos elementos de transición).

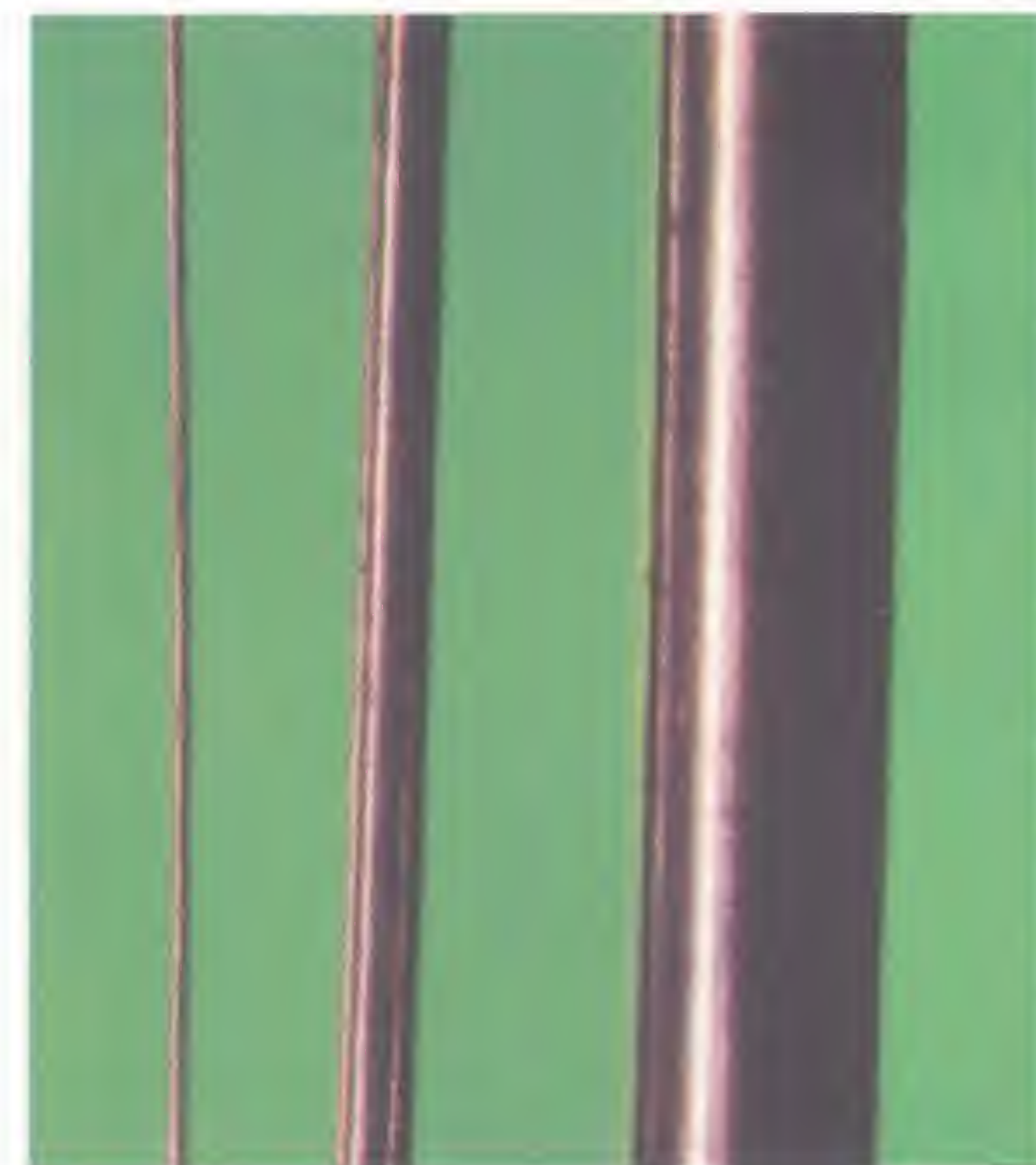
El wolframio pertenece a un importante subgrupo de los elementos de transición conocido con el nombre de *familia del cromo* (se dice que un cierto número de elementos forman una familia cuando

están situados en la misma columna de la tabla periódica). La familia del cromo forma la sexta columna (6b), que aparece encabezada por este elemento, seguido por el molibdeno y por el wolframio. Todos estos metales son muy duros y pesados, con altos puntos de fusión y ebullición, y todos son empleados para la producción de aceros especiales de elevada resistencia.

Al igual que el cromo y el molibdeno, el wolframio tampoco se presenta en la Naturaleza en estado puro. Se le encuentra en muchos minerales, de los cuales es extraído. Entre estos minerales destacan la *wolframita*, que contiene también hierro y manganeso, y la *scheelita*, que contiene también calcio. El wolframio fue identificado y aislado de la wolframita, de la cual deriva su nombre alemán, wolframio, y su símbolo químico, que es W, por los hermanos Elhuyar, químicos y mineralogistas españoles, en 1783, aunque ya se había difundido ampliamente el nombre de tungsteno, dado por Scheele, quien lo había descubierto en 1781.



En la parte superior está representado el mapa mundial de la producción de wolframio. El principal productor de wolframio en Europa es España, que tiene yacimientos en Salamanca y Orense. A su lado, el mapa de Cerdeña, donde se extrae un poco de mineral en Sarrabus. A la izquierda, cristal de scheelita o tungstita, el wolframato cálcico CaWO_4 . Minerales con esta fórmula se encuentran en Traversella, Piamonte (Italia), y en el Sudoeste de África. A la derecha, hilos de wolframio para lámparas.





Aplicaciones La primera aplicación industrial del wolframio se centra en la fabricación de filamentos para lámparas eléctricas de incandescencia. En estas lámparas, se hace pasar una corriente eléctrica por un hilo, llamado "filamento", que se pone incandescente y resplandece con una luz muy brillante. Las primeras lámparas eléctricas disponían de filamentos de carbono, aunque muy pronto fueron sustituidos por filamentos de wolframio, ya que, dado el elevado punto de fusión de este último, presentaban una mayor capacidad para resistir las elevadas temperaturas a las que se alcanzaba la incandescencia. Por su alto punto de fusión, el wolframio es muy apropiado para la construcción de muy diversos aparatos eléctricos, de elementos para la calefacción y de los hornos usados en metalurgia. El wolframio es, además, un metal muy importante para la preparación de aceros especiales, obtenidos agregando al acero, en proporciones determinadas, otros elementos distintos del carbono. Se trata, en



En la parte superior, oxidación y estirado simultáneos de un hilo de wolframio. En el centro, a la izquierda, el hilo es recocido para eliminar las tensiones internas y disminuir la fragilidad que hace difícil estirar el metal. Arriba, a la derecha, operación del hilado con diamante u otros materiales durísimos. A la izquierda, una cabeza para horadar y triturar rocas duras. Las puntas de corte de alta velocidad se fabrican con carburos de wolframio o cobalto, o, a veces, con ciertas aleaciones de acero al wolframio.

Anbel, S. Donato Milanesi

otras palabras, de la preparación de aleaciones muy especiales de acero.

Una de las más importantes aleaciones industriales del acero es la de *estellita*, la cual contiene entre un 10% y un 20% de wolframio, mientras otra aleación, el *ferro-wolframio*, contiene cerca del 78%. Por lo general, todas las aleaciones del acero empleadas en la preparación de utensilios de corte contienen wolframio, ya que, gracias a este último, el material resultante puede conservar sus características de dureza, incluso a las elevadas temperaturas generadas por la acción del corte.

Véase **Acero; Aleación; Elementos; Metales;** Tabla periódica de elementos

Entre nubes de polvo y al son de sus típicos gritos que resonaban por las extensas praderas, los cowboys del siglo XIX conducían las manadas de bovinos desde los ranchos hasta las ciudades ferroviarias del oeste de Estados Unidos. Estos animales podían haber recorrido distancias de más de 300 km antes de ser introducidos en los trenes que los conducían a los mercados. Era el inicio de la ganadería enfocada como un gran negocio económico.

La zootecnia se inició entre los antiguos egipcios, cuando comenzaron a domesticar mamíferos de gran tamaño. A partir de entonces, hace unos 8.000 a 12.000 años, se inició la cría de los cuatro tipos de animales más importantes en la ganadería actual, es decir, los bovinos, los cerdos, las ovejas y las cabras, cuyos antepasados salvajes fueron reducidos a la cautividad por el hombre. Desde entonces se han domesticado muchos animales para aprovechar su carne, su piel o su trabajo como bestias de tiro para cargas pesadas. Del continente asiático proceden algunos de estos animales domésticos, como los pollos, los búfalos y los caballos, mientras que los cobayas, los pavos y los guanacos proceden de Sudamérica; Arabia, por su parte, es la zona de origen del camello.

Cría de animales domésticos Durante siglos y siglos, la cría de animales domés-

ticos ha permitido ir seleccionando un número cada vez mayor de razas cuyas características se han adaptado progresivamente mejor a las necesidades del hombre. Así, muchas de las razas que hace algunos decenios eran muy apreciadas no responden ya a las necesidades actuales y se ha abandonado su crianza. Como ejemplo se puede señalar las razas de bovinos que en otro tiempo servían como animales de tiro y que hoy han sido suplantadas por el tractor. La zootecnia moderna se basa, sobre todo, en la selección genética, en el estudio de la herencia de los caracteres y en la adquisición de unos conocimientos cada vez más profundos acerca de la fisiología de los animales, su capacidad de asimilación de los alimentos y su transformación en un producto comercial. Todo ello ha permitido seleccionar, a partir de determinadas razas, individuos con caracteres productivos sumamente especializados y caracteres físicos muy diferenciados, aunque siempre dentro de la misma especie. Por ejemplo, las gallinas de la raza *Livornese* son muy ligeras (de 1,75 a 2,25 kg) pero son estupidas ponedoras, mientras que la raza *Light Brama*, que pesa de 4,5 a 5,5 kg, da una carne de inmejorable calidad, pero es pésima como ponedora.

Las razas bovinas de leche, como la holandesa *Holstein*, tienen las patas largas y una complexión ligera, con pezones bien

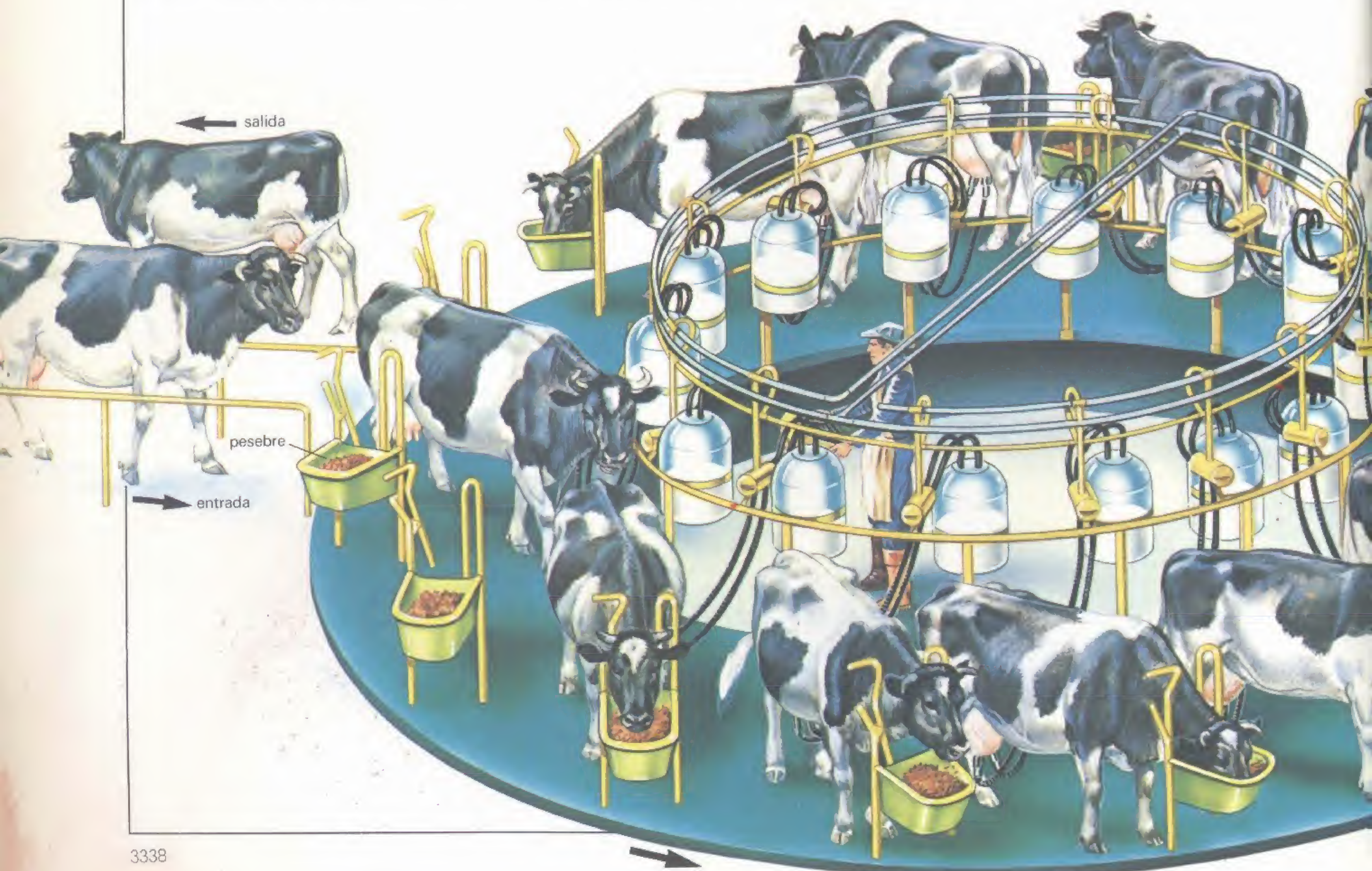
FECUNDACION ARTIFICIAL



1. obtención del semen

Desde antiguo, el hombre ha criado animales con criterios dictados por la experiencia, transmitidos de padres a hijos. Más recientemente, la cría de animales ha empezado a gestionarse de una forma más racional y, por lo tanto, más rentable, tanto desde un punto de vista cuantitativo como cualitativo. El ordeño en carrusel (abajo) es un ejemplo de los

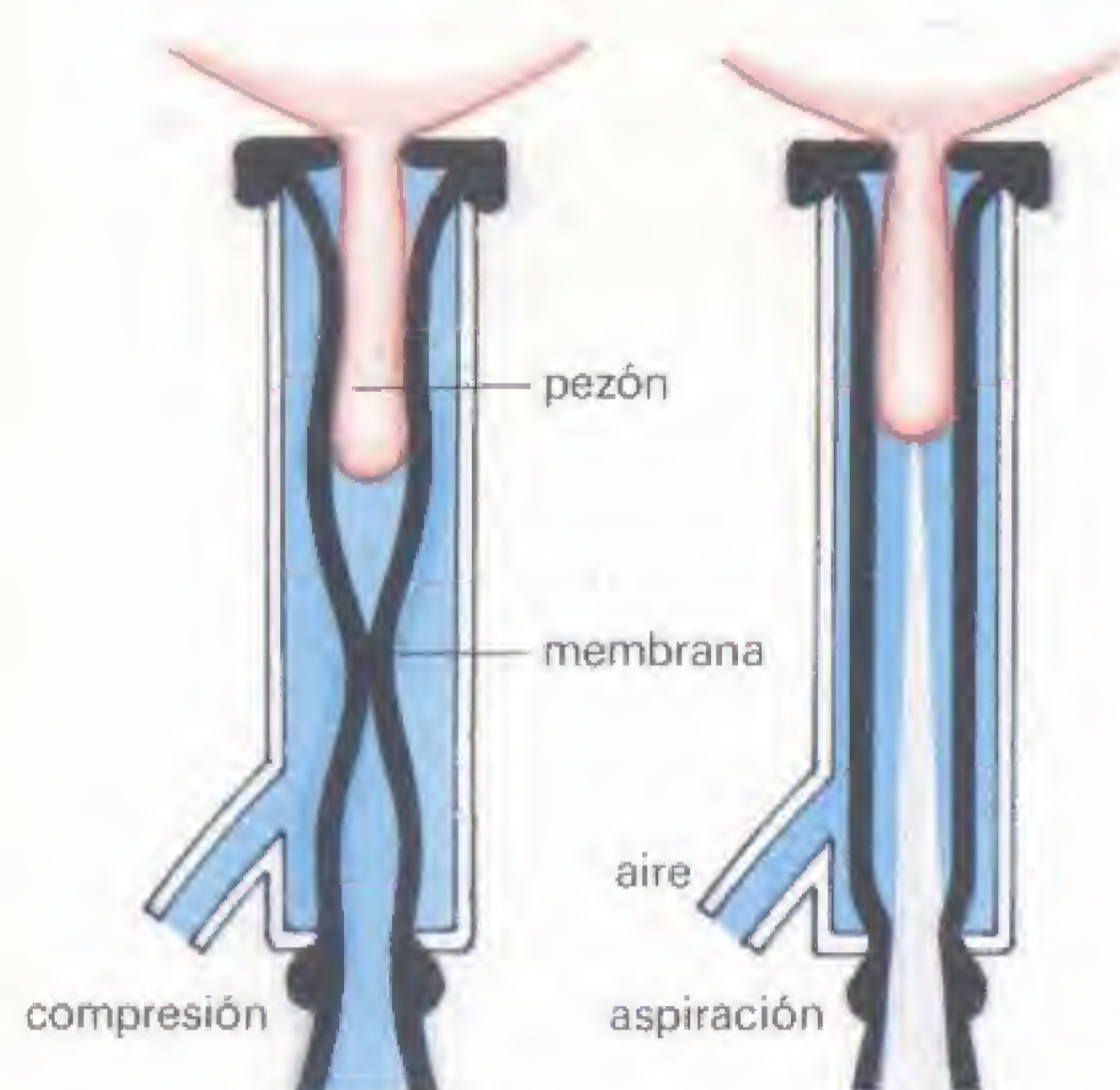
equipos de que pueden disponer hoy casi todas las explotaciones que no sean estrictamente familiares. Se trata de una plataforma que gira lentamente, movida por un motor. Las vacas se hacen situar sobre dicha plataforma, donde un operario aplica a cada una de ellas la ordeñadora mecánica (a la derecha vemos un detalle de la misma), que extrae la leche y la introduce en un recipiente de vidrio.





El espermatozoides en una vagina artificial (1) es analizado (2), diluido (3) y sometido a una primera fase de congelación (4). Después se conserva en almacenes de semen a baja temperatura, -79°C , durante dos años (5). A continuación, se distribuye a petición de los ganaderos en unos recipientes especiales (6), y es inoculado manualmente por el veterinario con una cánula al efecto (7).

ORDEÑO MECÁNICO



desarrollados; las vacas de algunas de esas razas seleccionadas pueden producir hasta 4.200 litros de leche por año de lactación, es decir, en unos 10 meses. En cambio, los bovinos de carne, como el *Aberdeen-Angus* de pelo negro, tienen las patas cortas y son animales fornidos, seleccionados por sus cuerpos musculosos y su excelente carne.

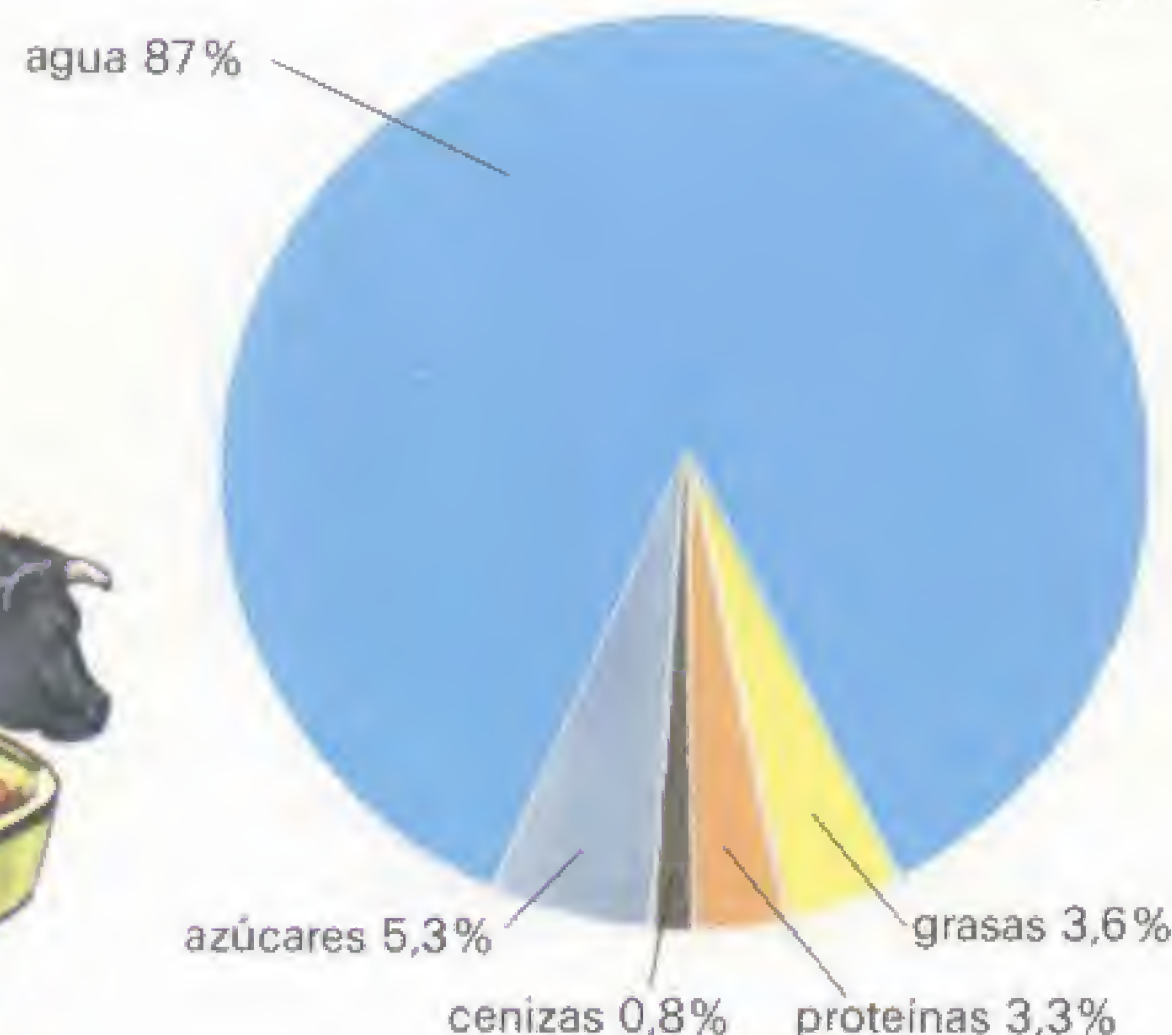
Durante los últimos siglos se han seleccionado y mejorado ciertas razas locales en varias zonas del mundo. Algunas de ellas, como los bovinos de carne *Hereford*, que se han seleccionado en el Reino Uni-

dedicación de algunos pequeños ganaderos, que de esta forma favorecen la mejora de las razas a través de nuevos cruces y su establecimiento en ciertas áreas "difíciles". Sin embargo, la tendencia actual de la ganadería se dirige hacia la expansión y la producción intensiva de un número reducido de razas seleccionadas de acuerdo con su adaptación a los nuevos métodos de producción.

Ganadería intensiva La ganadería intensiva moderna tiene como objetivo la obtención del máximo rendimiento eco-

Abajo, las sustancias que componen la leche. A pesar de que el 87% es agua, las grasas y azúcares son una fuente energética importante, y las proteínas son fácilmente asimilables por el organismo.

COMPOSICIÓN PORCENTUAL DE LA LECHE

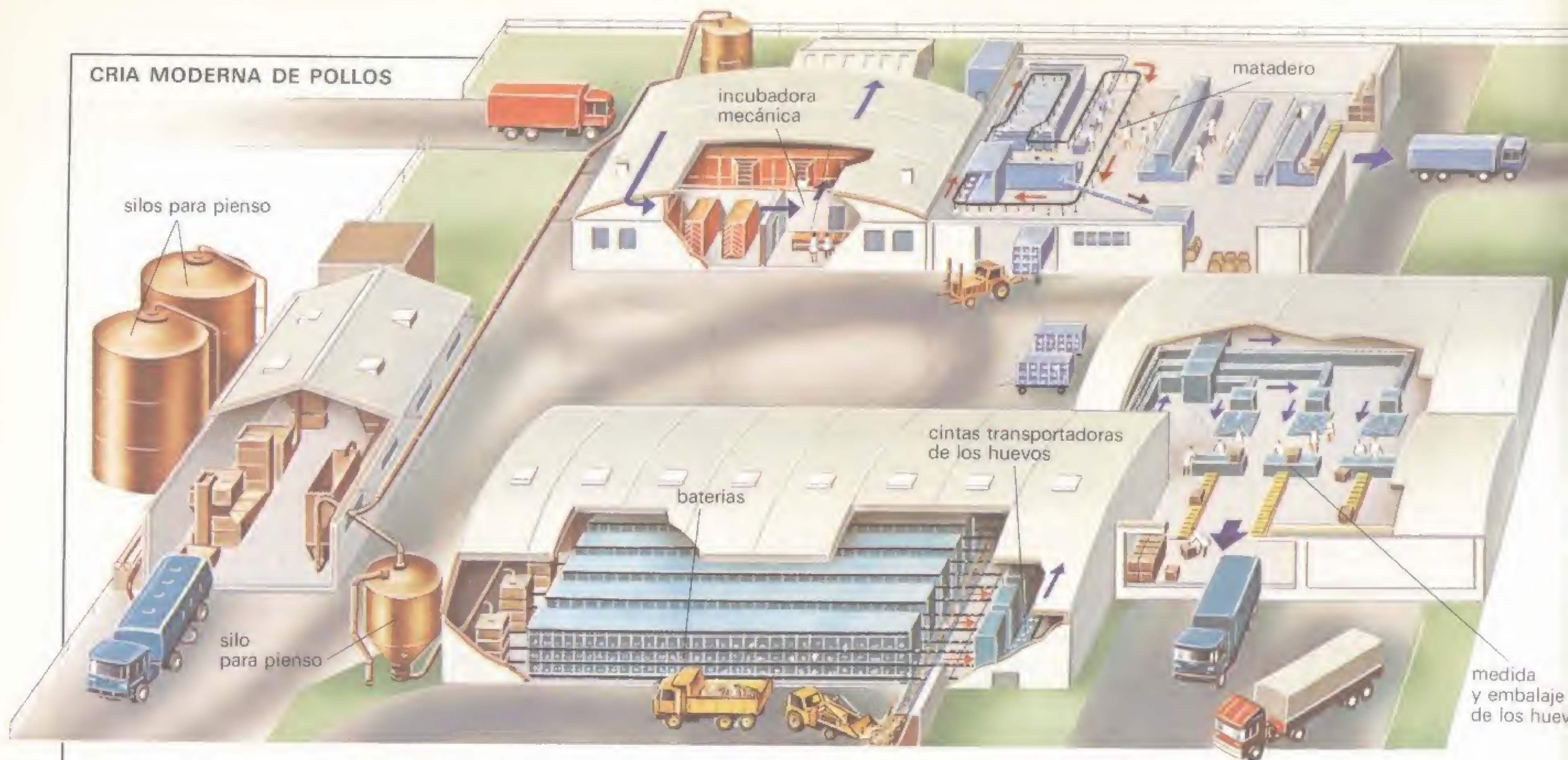


La búsqueda de piehsos adecuados para los bovinos de carne es, en la actualidad, uno de los campos de investigación de la zootecnia. Este aparato se aplica en el cuerpo del animal y comunica su aparato digestivo con el exterior, facilitando así el estudio de la digestión.

do, y las gallinas *Rhode Island Red*, se han difundido y hoy día se crían con éxito en todo el mundo. Otras razas, en cambio, no se adaptan bien si se las traslada de sus lugares de origen. El *Australorp*, una gallinácea que se ha desarrollado en Australia a partir de la raza *British Orpington*, ha batido el récord de puestas en su zona de origen, produciendo hasta 364 huevos en 365 días; sin embargo, la producción de estos animales desciende de forma espectacular fuera de su contexto natural.

En la actualidad existen muchas razas locales que sólo se conservan gracias a la

nómico. La mayor parte de los huevos que se consumen actualmente en los países desarrollados se producen en modernas granjas, en cuyas instalaciones las gallinas ponedoras se mantienen en jaulas colocadas en batería y donde el suministro de la comida y el agua está completamente automatizado. Los pollos de carne, en cambio, se suelen criar en grandes granjas donde los animales gozan de libertad de movimientos, aun cuando la comida y el agua también se distribuyen automáticamente. La finalidad de la cría intensiva de pollos es hacerlos engordar rápidamente,



Arriba, cría de pollos a nivel industrial. Consiste en la colocación de los pollos en baterías, donde se les suministra una alimentación adecuada (que se conserva en grandes silos), gracias a la cual su crecimiento es muy rápido. A medida que alcanzan el peso idóneo, los pollos se trasladan a la sección de matadero donde se los prepara, frescos o congelados, para distribuirlos a los

puntos de venta. Los huevos, en cambio, se llevan, tras haber sido medidos y clasificados, mediante cintas transportadoras hasta la sección de embalaje. Los que se destinan a la reproducción, en cambio, se introducen en la incubadora mecánica; los pollitos que nazcan allí, tras un período de crecimiento, se colocan en las baterías, donde comienza de nuevo el ciclo.

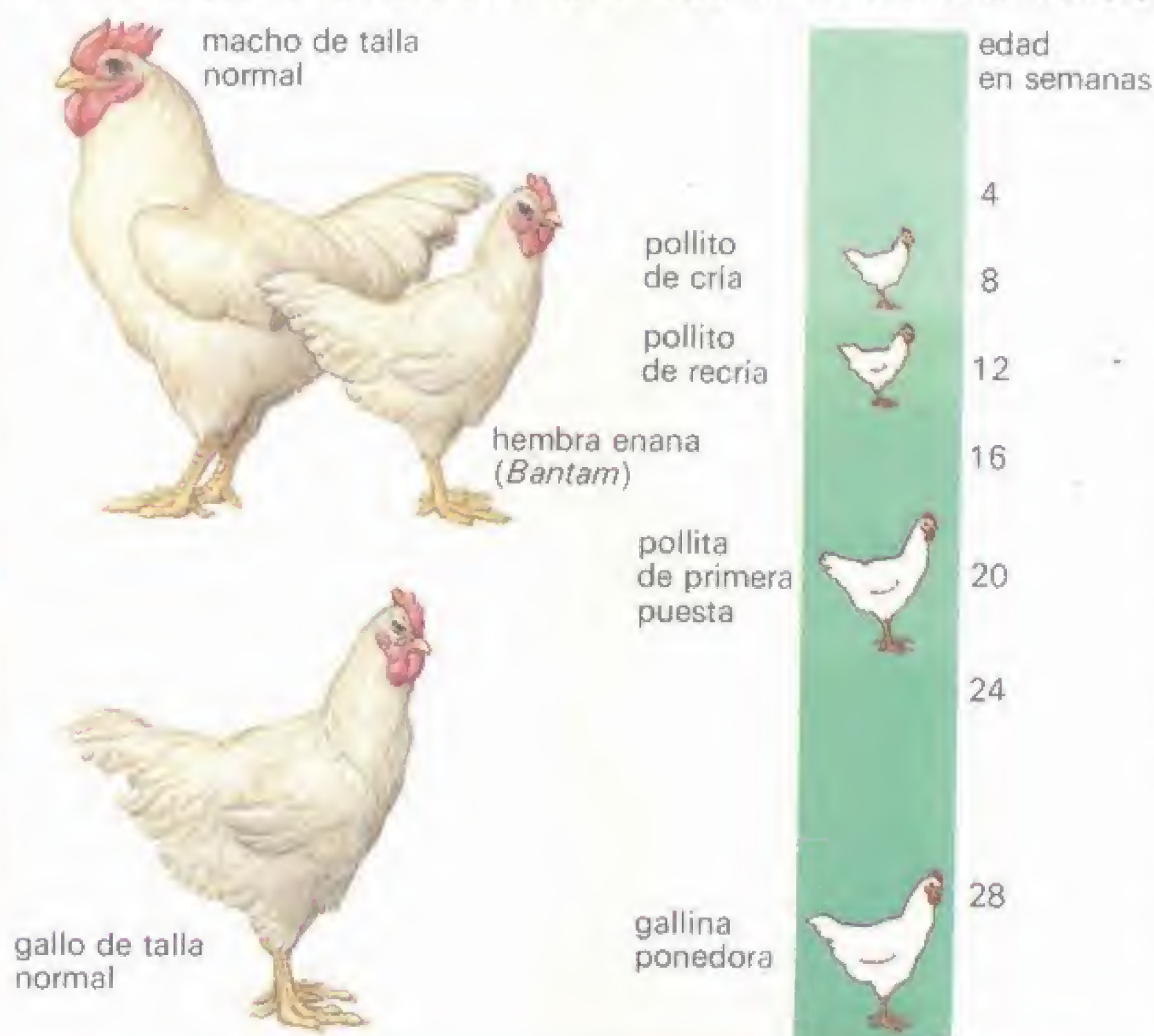
hasta alcanzar entre 1,75 y 2,25 kilogramos de peso en ocho semanas, para su comercialización.

La cría de cerdos, que reviste especial importancia en nuestro país para la producción de jamones y embutidos, está, actualmente, en relación directa con la industria láctea y quesera. Esto se debe al hecho de que los cerdos son los únicos animales capaces de asimilar sin problemas intestinales la lactosa, que es el azúcar presente en la leche. La lactosa es el componente principal del suero de la leche y queda como subproducto de éste después de haberse formado la cuajada para la preparación de los quesos, por lo que resulta muy abundante en este tipo de industrias. Naturalmente, la lactosa no constituye el único alimento de los cerdos, pero sí un complemento de gran calidad en su dieta y un componente fundamental de los piensos que consumen estos animales.

Ya desde hace años se vienen realizando importantes estudios sobre nutrición animal, con objeto de intensificar los rendimientos de la moderna ganadería.

Así, se ha visto cómo las necesidades alimenticias varían mucho en función no

SELECCIONES VENTAJOSAS PARA UNA MAYOR PRODUCCION



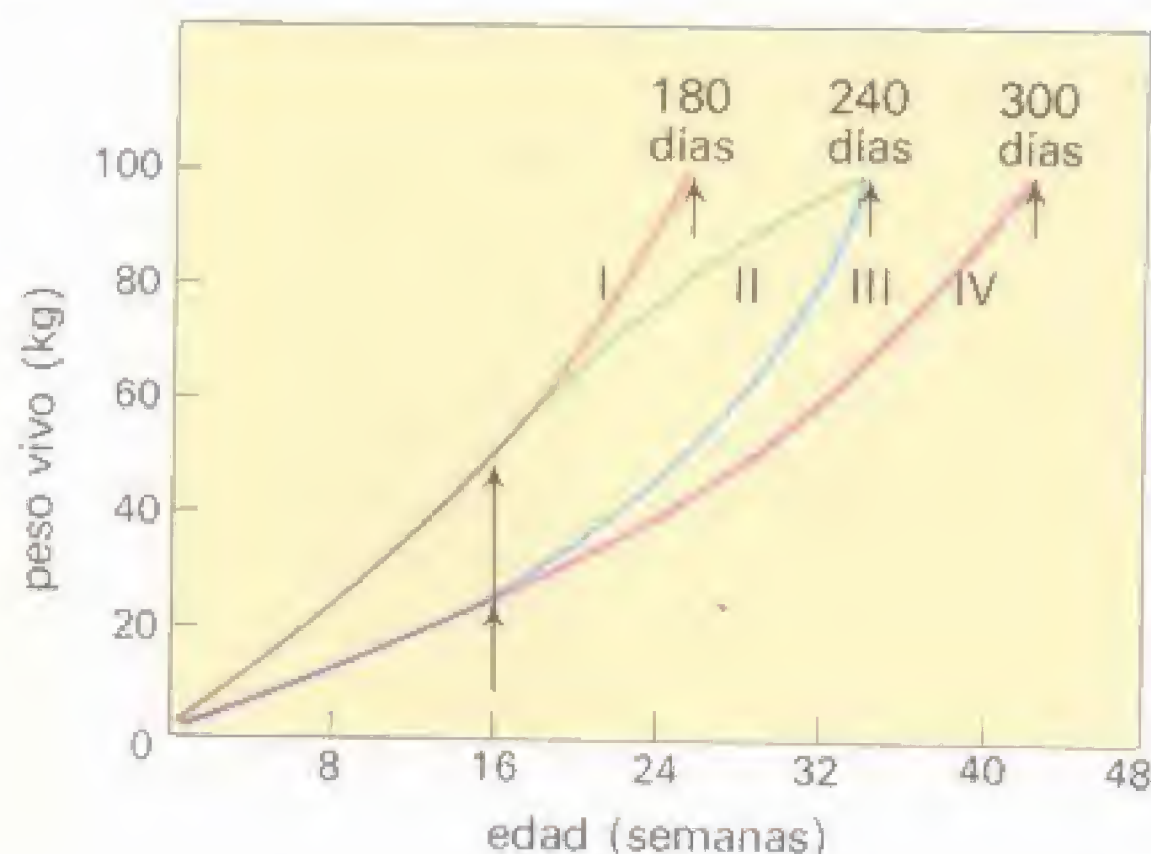
Un criadero de pollos para carne no es sólo un inmenso almacén de comida ya dispuesta para ser vendida y consumida, sino también un lugar donde se realizan experimentos e investigaciones con las técnicas más avanzadas. Las gallinas enanas (*Bantam*), por ejemplo, requieren poco pienso, por lo que son mucho más económicas en ese sentido, pero menos productivas, dado su pequeño tamaño. Pero si sus huevos son fecundados por un gallo de talla normal, los pollos que nacen son de tamaño normal. En el gráfico de la izquierda vemos el desarrollo fisiológico de una gallina a lo largo de 28 semanas.

sólo de la edad del animal y de la raza (incluso, dentro de una misma raza son recomendables dietas diferentes según el tipo de ganado), sino también del destino para el que se cría el animal.

Es fundamental la proporción de proteínas, vitaminas y oligoelementos. Si el pienso está preparado para responder con precisión a las exigencias alimentarias de un animal, no puede haber carencia de ningún elemento, lo que podría provocar un retraso en el crecimiento, ni exceso de ningún otro, lo que tampoco es conveniente desde el punto de vista económico, aunque pueda no tener influencia nociva alguna en el crecimiento o en la salud del animal. Se han creado piensos equilibrados para todos aquellos animales que se crían de forma intensiva, como pollos, cerdos y bovinos estabulados.

Los bovinos de leche, por lo general, suelen permanecer estabulados; su alimentación consiste en forraje fresco, si la estación lo permite, y en piensos compuestos. Cuando no se puede disponer de forraje fresco, se acude al forraje ensilado. Cada vez está más difundido el ordeño mecánico de las vacas lecheras, que no sólo es más eficaz y completo, sino, sobre todo, más higiénico, reduciéndose así la posibilidad de contaminación de la leche.

Los bovinos para carne se crían según dos regímenes: con la posibilidad de que los animales pasten libremente, con una media de un toro por cada 25 vacas para cubrirlos, o mediante estabulación, en cuyo caso el ganadero controla tanto la alimentación como la reproducción. En este último caso se recurre a un toro para cada 50 vacas, aproximadamente.

CERDO**CORDERO**

Arriba, desarrollo del cerdo según su alimentación: con nivel nutritivo alto (I), alto y bajo (II), bajo y alto (III), y bajo (IV). Las flechas indican cuándo puede realizarse la matanza. El momento ideal para la matanza está en estrecha relación con la precocidad, considerada

en función de la edad a la cual el animal presenta el mayor porcentaje de su peso vivo adulto. En la práctica el animal destinado a la producción de carne, cuando es sacrificado en el momento más conveniente, no ha llegado a alcanzar el máximo desarrollo.

La fecundación artificial se emplea para difundir los caracteres más positivos de un determinado ejemplar macho. El semen de éste, una vez recogido, diluido y congelado, puede conservarse durante varios años. Gracias a esta técnica se pueden mantener menos ejemplares para la reproducción, lo que reduce los costes de mantenimiento.

Nuevos cruces La genética aplicada está obteniendo excelentes resultados, y ha llevado a la "creación" de nuevas razas y cepas que superan el nivel de productividad de las existentes. Una de las formas de conseguirlo es a partir de la selección de aquellos sujetos que están especialmente dotados y de su utilización como reproductores para mejorar la raza. Otro método que se emplea con frecuen-

cia es el cruce de razas conocidas, con el fin de reproducir animales con los mejores caracteres de ambos progenitores. Por ejemplo, cuando se cruza el toro blanco de la raza *Shortton* con una vaca negra *Galloway*, los descendientes, conocidos como *Scottish Blue-Grey*, engordan rápidamente y presentan una carne de muy buena calidad.

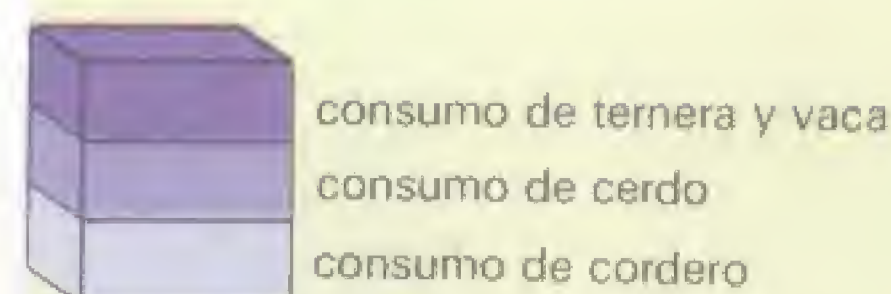
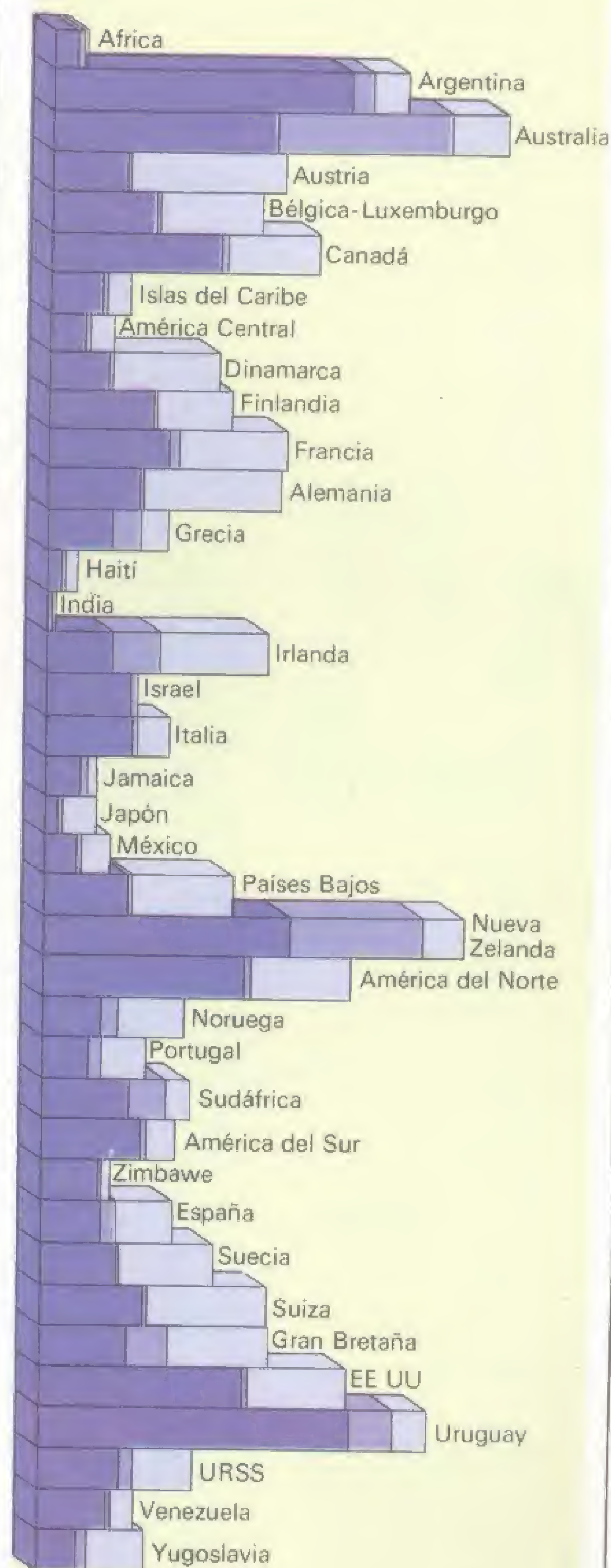
Domesticación de especies nuevas Otra de las vías para incrementar la pujanza de la ganadería consiste, precisamente, en domesticar nuevas especies. La domesticación, en cautividad, de las crías de especies salvajes en África es un buen ejemplo de ello. En muchas granjas se han criado especies como el orix, el antílope y el búfalo de Sudáfrica al lado del ganado tradicional, sometidas al mismo tipo de gestión. Hay en esto una doble ventaja: en primer lugar, las especies nativas, sobre todo el antílope y el orix, necesitan mucha menos agua y se adaptan mejor a las regiones áridas; además, están acostumbradas al consumo de cierto tipo de productos vegetales que rechazan los animales domésticos, por lo que pueden utilizar, sin ninguna competencia, el mismo terreno donde se crían para la obtención del forraje. De esta forma, aumenta la productividad de esa tierra. En la URSS se han criado manadas enteras de antílopes saiga como animales semidomésticos, obteniéndose unos resultados muy interesantes.

Vease Agricultura; Bovino, ganado; Cerda, ganado de; Gallinas y aves de corral; Genética; Ovino, ganado; Quesera, industria

En el gráfico inferior se representa, para cada país, el consumo anual per cápita, en tanto por ciento, de los tres tipos de carne más vendidos: de bovino, de ovino y de porcino. Como se

puede constatar, el mayor consumo corresponde a la carne bovina. A la izquierda, partes principales del cerdo y del cordero, así como sus principales formas de empleo culinario.

CONSUMO ANUAL PER CAPITA EN TANTO POR CIENTO DE CARNE DE BOVINO, OVINO Y PORCINO



Lo más importante de la información contenida en esta obra ha sido recogido en este índice general.

A continuación de cada *entrada* aparecen las cifras que remiten a las páginas en las que se trata:

- Si la cifra va seguida de asterisco (p. ej.: 606*), indica que se trata de una de las voces principales que aparecen tratadas por orden alfabético en la obra.

- Si aparece en caracteres negritos (p. ej.: **340**), indica que el término correspondiente es objeto de definición o de explicación.

- En el caso de que las cifras aparezcan en cursiva (p. ej.: 704), se advierte con ello que en el lugar al que remite existe una imagen referida a dicha entrada.

- Por último, si las cifras aparecen a la vez en negrita y cursiva (p. ej.: **2002**), se señala la existencia a la vez de imagen y de definición.

A

AAM (misiles aire-aire), **2135**

ábaco, **8***, 150, 151, **1870**, 1982

- chino, **8**
- japonés, **8**
- mecánico, 151

abacus, **8**

abaquista, **150**

abducción, **278**

abedul, 524

abeja, **10***, 117, **2112**

- común, **10**
- danza de, **12**
- exploradora, **12**
- guardiana, **13**
- huevo de, **12**
- lenguaje de, **12**
- nodriza, **12**
- obrera, **10**, **12**, **1268**, **2112**
- recolectora, **10**
- reina, **10**, **12**
- ventiladora, **13**, **2112**

aberración cromática, **2276**, **3008**

aberración esférica, 1828, **2303**

abeto, **2876**

- canadiense, 524
- Douglas, 524, 1901, 1905, 3244
- plateado, 524

abies, **872**

abismo, **1535**

ABM (misil antimisil), **2136**

abono, 819, 1771

- natural, **1310**
- verde, 1823

abordaje, **546**

abq, **8**

abrasión, 762, **1180**

abrasivo, **940**, **941**, 1946

absceso, **1681**

absorción, **1884**

abubilla, **387**

acacia, **958**

- catechu, **904**

- del desierto, **961**

Acadiense, 600

Acanthopeltis japonica, **139**

acantilado, **2529**

acantódidos, 2393, **2874**

acaricidas, **1712**

ácara, **1752**, 2409

- oribátido, **1753**

acción anticoagulante, **297**

acción antiinflamatoria, **297**

acción antipirética, **297**

acción detergente, **1768**

aceite, 1670, **1850**

- combustible, 1592, 2716
- de abedul, 1290
- de almendra, **1850**
- de aráquidas, **1850**
- de cártamo, 1850
- de cedro, 1901
- de coco, 1850
- de esquisto, 2838
- de geranio, 941
- de hígado de bacalao, **1290**
- de linaza, 1850, 2484
- de maíz, 1850
- de mantequilla, 1936
- de oliva, **1850**
- de Parathion, 1715
- de ricino, **1850**, 2486
- de sésamo, 1850
- de soja, 1850, 1966
- de tung, 2486
- del cacao, **923**
- esencial, 1901
- ligero, 644
- lubricante, 2716
- mineral, 1661, 2076
- natural, **2430**, 2432
- pesado, 2465
- poliinsaturado, 1966
- secante, **1850**, **2484**
- vegetal, 2486

aceituna, 862

aceleración, 292, 308, **2013**

- de Coriolis, 3113
 - de despegue, **307**
 - de la gravedad, 1674
 - dispositivo de, 18
- acelerador, **19**
- de Cockcroft-Walton, **1078**
 - de haz convergente, **16**
 - de masa, 2193
- acelerador de partículas, **14***, 237, **460**, 590, 592, 1330, 1334, 2193, 2630, 2684
- área de blanco, 14
 - fuente de un, 14
 - pista de un, 14
- acelerador electrostático, 15
- acelerador lineal, **14**, **15**, 16, **18***
- fuente de un, **18**
 - partes de un, **18**
 - posibilidades de un, **19**
 - tubo de un, **19**
- acelerómetro, **426**, **2226**, 2231, 2482
- acepilladora, **2962**
- acequia, 122
- acera mecánica, **1185**
- acera móvil, 709
- aceráceas, 2408
- acería, 273
- acero, **20***, 358, 627, 746, **808**, 1064, 1074, 1190, 1191, 1220, 1356, **1416**, 1436, 1456, **1600**, 1646, 2076
- al carbono, 1647
 - aleado, **1993**
 - especial, 2076
 - inoxidable, **134**, 853, **888**, 1646, **2065**, **2251**
 - instalaciones y productos del, **23**
 - obtención del, 20
 - proceso de fabricación, **24**
 - proceso de recocido, **22**, **23**
 - proceso de revenido, **22**, **23**
 - rápido, 2168
 - templabilidad, 20
- aceros vanadio, **3237**
- acesulfamek, **2806**
- Acetabularia*, **141**, **2759**
- acetábulo femoral, 2352
- acetaldehído, **132**, **133**, 1264, **2157**
- acetamida, 179
- acetaminofén, **296**
- acetato, 796, 1904, 2350
- de cobalto, 746

- de etilo, **131**

- de metilo, **131**

- de vinilo, 744, 1265, 2467

acetese, 796

acetilcolina, 1774, **3064**, 3250

acetileno, 2083

acetilmetilcarbino, 1303

acetilo, **157**

acetofenetidina, 189

acetofenona, **133**

acetona, **133**, 981, **1029**, 1301, 2467

acidez, **27**, 28

- creciente, **28**
- expresada en pH, **29**
- y alcalinidad, **2940**
- y basicidad, **26**

ácido, **26**, 103, 126, 179, 1302, **1550**, **2470**

- abscísico, 1641
- acético, **26**, **131**, **297**, 981, 1265
- acetilsalicílico, **296**
- adípico, **178**, 179
- alcornotánico, 904
- aminoacético, 181
- ascórbico, 153, **3315**
- aspártico, **181**, 885
- benzoico, 1572
- bicarboxílico, 179
- biliar, 1853
- bórico, **522**, 963, 965
- carboamínico, 179
- carbólico, **1300**
- carbónico, 1496, 2470
- catecutánico, 904
- cianhídrico, **132**
- cítrico, **26**, 162, 459
- clorhídrico, **26**, **31**, 740, **1002**, 1264, 1601, 1907, 2360, 2470, 2527
- clórico, 740
- cloroplatínico, 2073
- crómico, 904
- digestivo, 2398
- elagotánico, 904
- fénico, **1300**
- fluorhídrico, 432
- fólico, 610, 2113, **3315**
- folínico, 610
- fórmico, 386
- fosfórico, **26**, 459, 1311, 2478
- fuerte, 102, **432**
- fumárico, 2145
- glutámico, **181**, 182, 885
- graso, **157**, 1520, 1660, 1768, 1850, 2212, 2398
- graso esencial, 161
- hipoclorito, 740
- hipocloroso, 740
- inorgánico, **26**, 1442
- láctico, **26**, 162, 1520, 1936, 2412
- lisérgico, **126**
- málico, **26**, 162
- mefenámico, **189**
- metabórico, 522
- monoglicérido, 157
- nafténico, 2212
- naldixico, 231
- nítrico, **26**, 180, 230, 480, 496, 627, 1285, 1377, 225, 2360, 2471, 2502, 2527
- nucleico, 1568, 1602, 1618, 1831, **2002**, 2157, 2405, 3274, 3303
- oleico, 2212
- orgánico, 2212
- oxalecético, **2060**
- oxolínico, 231
- pantoténico, **3315**
- peryódico, 2470
- pipemídico, 231
- pirúvico, 1303, 1521, 2060
- poliprótico, **2811**
- quebrachotánico, 904
- ribonucleico, ARNm, **2878**
- rosólico, **2471**
- rustánico, 904
- salicílico, **297**, 963
- selénico, 2072
- sulfhídrico, 101, 332, 472, 818, 1442
- sulfúrico, **26**, 297, **432**, 705, 819, 932, 1497, 1572, 2069, 2433, 2502, 2527, **2646**
- sulfúrico fumante, **26**
- sulfuroso, 2471
- tánico, 904
- tartárico, 162
- tetrabórico, 522
- úrico, 1602, 3226
- yodhídrico, 2470

ácidos inorgánicos, **28**

- ácidos nucleicos ADN y
ARN, 30
- ácidos orgánicos, 30
- ácidos y bases, 26*
- débiles, 29
 - fuertes, 28
- acidosis, 764
- acimut, 322
- acino glandular, 1510
- acinos pulmonares, 2620
- acohombradura, 1823
- acomodación, 2292
- acondicionador de aire, 32*
- instalación de un, 33
 - partes de un, 33
- acondicionamiento del aire, 1396
- acondroplasia, 1926
- aconitum, 1635
- acorazado, 548
- acrílicos, 2521
- acrilonitrilo, 2467
- acrosoma, 788
- ACTH (hormona
adrenocorticotropa), 1644
- actina, 486, 1392, 2208
- actinia, 2409, 2490
- actínido, 1805, 2952
- actinolita, 286
- actinopterigios, 2417
- activador, 1363
- ACU (Unidad de
Adquisición de Datos), 427
- acuario, 34*
- de agua dulce, 34
 - marino, 35
- Acuaris, 804
- acueducto de Silvio, 682
- acuicultura, 1598
- acuicultura, 36*, 1299
- método francés, 38
- acumulador, 40*
- de níquel-cadmio, 42
 - de plomo, 40, 42
 - fase de carga, 40
 - fase de descarga, 41
 - solar, 1153
 - tipos de, 42
- acupuntura, 731, 2035, 2027
- acústica, 44*, 1329, 2354
- Addax nasomaculatus, 959
- adenilato, 2154
- adenina, 486, 966, 2007, 2758
- adenocarcinoma, 607
- adenohipofisis, 1644
- adenoma, 3189
- adenosindifosfato ADP, 743
- adenosintrifosfato ATP, 743, 2058
- adensante, 1670
- adhesivos, 50*, 291, 626, 1265
- moderno, 50
 - termoestable, 50
 - termoplástico, 50
 - empleados en cirugía (cola loca), 51
 - tipos de unión, 51
- adiponitrilo, 1597
- aditivo, 162, 163, 2380
- químico, 2044
- ADN (ácido
desoxirribonucleico), 435, 486, 479, 499, 607, 653, 746, 890, 966, 1114, 1156, 1209, 1230, 1270, 1295, 1458, 1465, 1518, 1574, 1576, 1658, 1681, 1684, 1700, 1790, 1989, 2002, 2058, 2154, 2210, 2600, 2758, 2878, 3122, 3274
- híbrido, 1700
 - doble hélice del, 498
 - replicación del, 967, 1459, 2758
 - transcripción del, 966, 1459
- adolescencia, 52*, 1677
- adormidera, 206
- ADP (molécula), 470, 1886, 2058
- adrenalina, 179, 1513, 1644
- adsorción, 884, 1324
- aducción, 278
- adyuvante, 2484
- Aedes aegypti, 1160
- Aequorea aequorea, 490
- aeración, 88
- aerobiosis, 1302
- aerodeslizador, 1654
- aerodinámica, 355, 3192, 3329
- del vuelo de avión, 54
 - subsónica, 57
 - supersónica, 57
 - y aeronáutica, 54*
 - resistencia, 119
- aerodinas, 1514
- aerofreno, 415, 2496, 3325
- retráctil, 412
- aerógrafo, 786
- aerolitos, 2084
- aeromodelismo, 58*
- aeronáutica, 355, 316, 2064, 2074, 3192
- aeropuerto, 60*, 1690
- circuito de espera, 63
 - pista secundaria de empalme, 63
 - tipos de indicadores, 62
 - tipos de luces, 62
 - tipos de pistas, 61
 - tráfico no comercial, 64
 - zona de estacionamiento, 63
- aerosol, 66*, 1265, 1291, 1396, 2083, 2383
- líquido, 1990
 - sólido, 1990
 - partes de un, 67
 - peligros ambientales y sanitarios, 66
- aerostatos, 1514
- afelio, 784
- afidios, 2113
- áfido, 218, 930, 1636, 1718
- afinidad electrónica, 1763
- aflatoxina, 606
- AFSATCOM (Sistema de
Comunicación Vía
Satélite), 2992
- afuste, 615, 2174
- agachadiza de cola blanca, 389
- agar, 139, 190, 1394
- Agaricus hortensis, 2855
- ágata, 438
- agateador, 387
- Agensiense, 1940
- agente alquilante, 832
- agente aromático, 162
- agente asfixiante, 1543
- agente cancerígeno, 609, 2044
- agente de erosión, 1179
- agente detergente, 1879
- agente dispersor, 1878
- agente inhabilitante, 1543
- agente ligador, 134
- agente naranja, 818
- agente Orange, 932
- agente patógeno, 137, 1154, 1540, 1585
- agente reductor, 1906
- agente revelador, 1378
- agente titulante, 3092
- agente vector, 1154
- agente vesicante, 1543
- aglutinante, 2484
- aglutinina, 235, 2776, 2813
- aglutinógeno, 2813
- agnatos, 842, 1276, 2393, 2394, 2416, 2874, 3259
- agorafobia, 2243
- AGR (central nuclear), 667
- agregados, 2475
- agricultura, 68*, 1313, 1572, 2729
- acondicionamientos económicos, 73
 - acondicionamientos técnicos, 73
 - colectivizada, 77
 - de subsistencia, 77
 - efectos ecológicos, 76
 - especulativa, 76, 77
 - factores climáticos y ambientales, 70
 - factores ecológicos, 70
 - factores humanos, 70
 - mediterránea, 69
 - origen de la, 68
 - tipos de, 68, 77
- Agrobacterium, 532
- agroenergética, 493
- agropiro común, 2513
- agrostis, 2513
- agua, 78*, 101, 780
- bruta, 88
 - captación del, 96
 - captación y almacenamiento del, 94
 - carbonatada, 99
 - carbónica, 2389
 - ciclo del, 82*
 - ciclo de utilización del, 94
 - decantación primaria, 88
 - depuración del, 86*
 - desionizada, 1763
 - destilada, 1763, 2470
 - disolvente universal, 80
 - disponibilidad de, 78
 - distribución del, 96
 - dura, 98, 975, 1768
 - freática, 2126
 - fuerte, 2796
 - juvenil, 2290
 - línea de, 88
 - marina, 1960
 - mediomíneral, 98
 - mineral, 98*, 99
 - minero-medicinal, 99
 - natural, 98
 - oligomineral, 98
 - oxigenada, 963
 - pesada, 100*, 101, 1596
 - porcentaje en los tejidos, 80
 - potabilización del, 94*
 - potable, 94, 95, 96, 97, 99, 105, 1728, 2572
 - pretratamiento, 88
 - prospección del, 105
 - regia, 28, 2073, 2360, 2527
 - residual, 94, 97, 818, 1041
 - salobre, 122
 - sistema de distribución del, 96
 - subterránea, 98, 104*, 1180
 - sulfurada, 432
 - termal, 1149
 - tratada, 88
 - tratamiento biológico, 88
 - tratamiento convencional para uso potable del, 95
 - tratamiento de ablandamiento del, 95
 - tratamiento de desalinización del, 95
 - tratamiento especial para uso potable del, 95
 - tratamiento primario del, 88
- aguafuerte, 102, 103
- y grabado, 102*
- aguardiente, 3298
- aguarrás, 3055
- vegetal, 2486
- aguas blancas, 96, 97
- aguas de escorrentía, 84, 86, 1179
- aguas freáticas, 85
- aguas intermedias, 83
- aguas minerales, clasificación de las, 99
- aguas negras, 96
- aguas profundas, 83
- aguas residuales, características de las, 86
- aguas residuales, sistema de recogida de las, 96
- aguas residuales, tratamiento de las, 87
- aguas residuales, tratamiento físico-químico de las, 92
- aguas residuales, tratamientos avanzados de las, 93
- aguas subterráneas, 83, 84, 86
- aguas superficiales, 83, 86
- aguijón, 10, 1637
- águila culebrera, 387
- águila de los monos, 224
- águila pescadora, 387
- aguja, 1578
- de ganchillo, 2629
 - de lengüeta, 2628
 - de muelle, 2628
 - de oro, 2361
- agujero de ozono, 3207
- agujero negro, 106*, 867, 915, 1169, 1244, 1250, 1525, 2278, 2285, 2634, 2674, 2692, 2001, 2019
- fases de la formación de un, 108, 109
 - hipótesis de, 106
- agutí, 223
- aire comprimido, 1946, 1974, 1981, 2502, 293
- aire líquido, 874, 1448
- aire polar continental, 3072
- aire seco, composición del, 330
- aire tropical continental, 3072
- aislador, 1143
- aislamiento térmico, 1928
- aislante, 644, 712, 1094, 1099, 1342
- eléctrico, 1265
 - térmico, 110*
- ajedrez, 112*, 1776
- piezas de, 112
 - sistema de notación algebrico, 115
 - sistema de notación descriptivo, 114
- ala cantilever, 398
- ala de animal, 116*, 116, 385
- ala de avión, 118*, 398
- ala de geometría variable, 413, 517
- ala delta, 938
- alabastro, 568
- alambique, 791
- alanina, 181, 885, 2154
- alano, 2445
- alantoides, 1115, 1928
- alarma, 120
- para el humo, 1672
 - por microondas, 121
 - y sistemas de seguridad, 120*
- albaricoquero, 2539
- albatros, 386
- Albiense, 1940
- albinismo, 1926
- Albireo, 1257
- albita, 2124
- albufera, 82, 122*, 1798
- albúmina, 1088, 1438, 2484
- de huevo, 905
- albura, 247, 1900
- alcalinidad, 2470
- alcalinotérreos (elementos), 568, 2669
- álcalis, 568, 1768, 1906
- alcaloide, 126*, 179, 560, 1236
- alcáfor, 133, 965, 1290
- alcano, 209, 1592, 1879, 2083, 2157
- alcantarillado, 1064, 1727
- separativo, 96
 - unitario, 96
- alcázar (de buque), 546
- alce, 896
- alcohol, 350, 1290, 1302, 1594
- bencílico, 130
 - butílico, 130
 - consumo de, 128*
 - de madera, 131
 - dehydrogenatus, 132
 - dodecílico, 130
 - etílico, 128, 130, 162, 492, 803, 962, 1029, 1264, 1594, 2156, 2430, 3298
- metílico, 130, 131, 132, 1029, 1303, 1594, 1597, 2156
 - pentílico, 130
 - primario, 133
 - propílico, 130, 131
 - prueba del, 128
 - salicílico, 188
 - secundario, 133
- alcoholato, 131
- alcoholemia, 128
- alcoholes, 130*
- monohidroxílicos, 131
 - polihidroxílicos, 131
- alcoholismo, 129
- Alcor, 324
- alcornoque, 524
- Aldebarán, 804, 983
- aldehído, 132, 963, 2113, 2380
- acético, 132
 - benzaldehído, 132
 - butírico, 132
 - fórmico, 132
 - propiónico, 132, 2381
- aldehídos y cetonas, 132*
- aldosas, 1518
- aldosterona, 858, 1513
- aldrina, 930
- aleación, 134*, 568, 704, 746, 749, 888, 1416, 1600, 1993, 2062, 2069, 2161, 2250, 2531, 2540
- anticorodal, 173
 - Auer, 1805
 - cromo-níquel, 853
 - de aluminio, 2494
 - de cobre, 134
 - de sustitución, 135
 - de titanio, 134
 - intersticial, 135
 - Iizro, 704
 - Kayem, 704
 - ligeras, 134
 - sterling, 2523
 - zircalloy-2, 711
 - Zama, 705
- alerce, 524, 1903
- alergeno, 136, 137
- alergia, 136*, 235, 2420
- alergólogo, 137
- alerón, 119, 395, 400, 407, 3324
- diferencial, 400
- alesnado, 612, 2475
- aleta, 119, 1860
- anal, 2418
 - caudal, 688, 2418
 - dorsal, 688, 2418
 - pectoral, 2417
 - ventral, 2417
- aleurona, 686
- alevín, 2454
- alfa hélice (molécula), 2154
- alfabeto, 1824
- Morse, 168, 3002, 3012
- alfalfa, 1822, 2512
- algas, 36, 138*, 161, 528, 742, 1048, 2508, 2987
- azul, 2003, 2490
 - bentónica, 138, 274
 - calcárea, 484, 2291
 - cloroficea, 2342
 - crisoficea, 742
 - Dedogonium, 1210
 - epifítica, 2507
 - epizoica, 2507
 - fotosintética, 2290, 2419
 - litofítica, 2507
 - marina, 38, 1310
 - roja calcárea, 274
 - simbiótica, 274
 - unicelular, 2567
 - verde, 742
 - verdeazules, 1276, 3275
- algalia, 2430
- algarrobo, 1822
- álgebra, 142*, 144, 150, 194, 197, 262, 572, 774, 1358, 1415, 1480, 1484, 1487, 1056, 1530, 1760, 1982, 2272
- conmutativa, 1483
 - de conjunto, 1875
 - de Boole, 146*, 147, 800, 1216, 1262, 1873, 1875, 2587

- de Lie, 1201
- evolución del, 143
- lineal, 1061, 1200, 1201, 1533, 2308
- lineal y multilineal, 977
- multilineal, 1201
- técnica de restaurar y reducir, 142
- alginate, 139
- algodón, 148*, 932, 1318, 1608
- de rama, 148
- cultivo del, 148
- manufactura del, 149
- algor mortis, 2203
- algorítmico, pensamiento, 151
- algoritmista, 150
- algoritmo, 8, 9, 150*, 572, 1054, 1057, 1758, 1872, 2010, 2143, 2307, 2332, 2597, 2887
- algebraico, 150
- de diferencia, 1058
- de Euclides, 151, 263
- decimal, 142, 1059, 1983, 2273
- infinitesimal, 150
- iterativo, 574
- matemático, 151
- teoría de, 151
- alguilamina, 131
- alheña, 2430
- aligator, 255
- alimentación, 154
- carencias, 152*
- y nutrición, 154*
- alimentos, 158*, 2504
- aditivos y conservantes, 162*
- temperatura de conservación, 164*
- Alioth, 324
- alisios, 737, 846, 3291
- aliviadero, 2575
- alizarina, 772
- Alkaid, 324
- almácigas, 1771
- almanaque astronómico, 322
- almeja, 482, 1038
- almendra, 862
- almidón, 128, 161, 183, 276, 494, 965, 1291, 1518, 2059
- animal, 1522
- de maíz, 430
- almiquí, 1930
- almirez, 1788
- almizcle, 2430
- Alnico, 747, 1095, 1910, 2251
- alomorfismo, 1994
- alondra, 388, 1226
- alotropía, 1220
- alpaca, 134
- Alpha Centauri, 805
- Alpha Tauri, 804
- Alpha Ursae Majoris, 324, 805
- alpingitis, 1162
- alqueno, 131, 209, 1264, 1593
- alquimia, 1104, 2642
- alquimista, 1790, 1804
- alquitrán, 291, 382, 626, 807, 1440, 1594, 1661, 2296
- de hulla, 2431
- de pino, 1901
- del tabaco, 606
- alta fidelidad, 166*, 167, 1913
- alta tensión, 1143, 1842
- Altair, 324
- altas presiones, 453
- altavoz, 166, 168*, 1025, 1734, 3144
- de bobina móvil, 169
- dinámico, 169
- piezoeléctrico, 169
- tweeter, 167, 169
- woofer, 167, 169
- alternador, 366, 1081, 1096, 1131, 1863, 2364
- altímetro, 425, 452
- de precisión, 3102
- altitud, determinación de la, 641
- altocúmulo, 329, 2249, 2260
- altoestrato, 2088, 2260
- altramuz, 1822
- alucinógeno, 126
- álula, 116
- alumbre de cromo, 889
- alumen (aluminio), 170
- alúmina, 170, 171, 644, 661, 1091, 1104, 1649, 2075, 2384
- aluminato de sodio, 170
- aluminio, 134, 170*, 261, 295, 395, 673, 806, 1009, 1191, 1437, 2062, 2138
- anodizado, 853
- de reciclaje, 2712
- fabricación del, 170
- aluminioalquilos, 2345
- aluminotrieto, 2345
- aluminio-borato, 522
- aluminio-silicato, 673
- aluminotermia, 889, 1992
- alurita, 2384
- alveolitis fibrosante, 280
- alveolo, 907, 2775
- glandular, 1511
- pulmonar, 2379
- Alytes obstetricans*, 1267
- Allington pippin*, 1403
- Allium capa*, 1635
- Allosaurus*, 1012, 2057, 2393, 3086
- AM (modulación de amplitud), 2664
- amalgama, 2053, 2065
- amalgamación, 2522
- Amanita muscaria*, 2856
- Amanita pantherina*, 2856
- Amanita phalloides*, 2854
- amanitina, 2856
- amapola ártica, 1227
- ámbar, 2484
- gris, 445, 2430
- ambulancia, 174*
- ameba, 2003, 2602, 2730
- amebiasis, 1160
- amenorrea, 53, 2051
- amento, 1352
- americio, 1348, 3163
- ametábolos, 1716, 2081
- ametralladora, 176*, 649, 1420, 2488
- carga de proyección, 176
- carga fulminante, 176
- partes de una, 176, 177
- principio de retroceso, 176
- amianto, 170, 286, 369, 807, 2831
- amida, 178, 179
- amídico, grupo, 179
- amígdalas, 1844
- amilasa, 1002, 1170, 1521
- pancreática, 1003
- amilógrafo, 2397
- amilograma, 2397
- amiloza, 1171
- aminas, 163, 178, 179, 475, 975, 1768
- alifática, 178
- aromática, 178, 2041
- primaria, 178
- secundaria, 178
- terciaria, 178
- y amidas, 178*
- aminoalcoholes, 179
- aminoácido, 155, 157, 160, 178, 179, 180*, 182, 486, 488, 653, 967, 1465, 1551, 1617, 1803, 2059, 2152, 2158, 2210, 2347, 2398, 2598, 2878, 3079, 3274
- esencial, 182, 183, 2414, 2600
- aminoglicósidos, 231, 233
- amitriptilina, 944, 1293
- amitrol, 933
- ammonites, 477, 873, 1786, 2057, 3174
- ammonioideos, 2390
- amnesia, 188, 1610
- amniocentesis, 2031
- amnios, 842, 1115, 1928, 2760
- Amoeba proteus*, 480
- amoniación, 184
- amoníaco, 2725, 178, 179, 184*, 332, 568, 1029, 1151, 1596, 1768, 1980, 2467, 2502
- producción del, 184
- propiedades del, 184, 185
- usos del, 184
- amonio, 962
- cuaternario, 975
- amonólisis, 184, 185
- amortiguador, 186*, 359, 1074, 1143, 2177
- de palanca, 187
- hidráulico, 186, 288
- oleoneumático, 187
- telescópico, 187
- amosita, 286
- AMP (monofosfato de adenosina), 2058
- amperímetro, 713, 1031, 1083
- amperio, 792, 1034, 1079, 1082, 1144, 1724, 1842
- ampicilina, 231
- amplificadora, 1378, 1794
- amplificador, 167, 168, 343, 558, 599, 659, 1024, 1734
- estereofónico, 673
- estéreo, 2365
- amplípodos, 663
- ampolla ambulacral, 1174
- ampolla de Vater, 1127
- amuleto, 2035
- amuras a babor, 1110
- amuras a estribor, 1110
- Anabaena*, 140
- azollae, 2255
- anabolismo, 498, 2058
- ánade, 385, 388
- anaerobiosis, 1302, 1520
- anafase, 655
- anafilaxia, 137
- anagénesis, 1275
- analgesia, 206
- analgésico, 126, 188*, 206, 296, 560, 1037
- débil, 188, 189
- fuerte, 188, 189
- análisis, 143, 259, 262, 572, 918, 1056, 1196, 1412, 1485, 1682, 1740, 1758, 1760, 1866, 1982, 1983, 2272
- abstracto, 197
- biomecánico, 2037
- biorrítmico, 501
- clínico, 190*
- combinatorio, 774
- complejo, 197, 262
- cualitativo, 198, 1790
- cuantitativo, 198, 201, 1790
- de absorción, 1207
- de Fourier, 46, 2365
- de sistemas, 2898
- diferencial, 192
- dimensional, 2143
- diofántico, 3032
- espectral, 1202
- espectrofotométrico, 200
- espectroscópico, 300, 1494, 1790
- funcional, 196, 572, 953, 1415, 1984, 2307, 3104
- general, 1483, 3104
- gravimétrico, 202
- infinitesimal, 319
- instrumental, 200
- matemático, 194*, 950, 1738, 2143
- matricial, 2011
- microquímico, 202
- multiespectral, 2994
- no-standard, 953
- numérico, 572, 1054, 1061, 2010
- por activación, 200
- químico, 198*, 2043
- real, 197
- secuencial, 1234
- volumétrico, 202, 3092
- analizador automático, 190
- analizador centrífugo, 2092
- analizador de color, 1794
- analizador espectral, 2280
- analizador lógico, 1462
- analizador multicanal, 813
- analizador SAM, 3101
- analogía, 2896
- física, 2143, 3035
- orgánica, 238
- anamnesis, 628, 2029
- Anarctosaurus*, 2057
- anatomía, 216, 240, 478, 531, 726, 1344, 2039
- comparada, 1270, 1278
- de un arácnido, 284
- de un crustáceo, 285
- de un insecto, 284
- patológica, 190
- Anatosaurus*, 1013, 2057, 2393
- anaveaje, 2560
- ancla, 204
- de arado, 205
- de cepo, 205
- flotante, 205
- tipo almirante, 204
- tipo Danforth, 204
- tipo hongo, 205
- tipo Hall, 204
- y anclaje, 204*
- Anchitherium*, 2391
- anchoa, 483
- andesita, 2787
- androceo, 1351, 2505
- andrógeno, 1122, 1513, 1644, 3062
- Andrómeda, 804
- andromédidos, 2085
- Androsace*, 1772
- alpina, 1773
- helvética, 1773
- anélido, 484, 1276, 1546, 1752, 2566
- poliqueto, 654, 1860
- hirudíneo, 1050
- oligoqueto, 1051
- anemia, 609, 751, 1161, 1512, 1601, 3316
- falcémica, 182
- falciforme, 497, 1089, 2211
- familiar, 1157
- fetal, 2776
- anemómetro, 425, 2087, 2482, 3145, 3291
- anémona, 484, 1226
- anestesia, 188, 206*, 1610
- histórica, 206
- local, 2411
- métodos de, 726
- natural, 206
- por inhalación, 206
- quirúrgica, 206
- anestésico, 994, 1127, 1236, 2028, 2253
- local, 127
- anestesiología, 2028
- aneurisma, 726, 2352
- anfetamina, 1236
- anfibio, 217, 220, 333, 842, 1050, 2731, 3260
- anfibol, 568, 1859, 2070, 2392
- anfibolita, 1940
- Anfioxus*, 841
- Angara, 2440
- angina de pecho, 631, 1678
- angina diftérica, 1001
- angiocardiológia, 1652
- angiografía, 630, 1679
- angiosperma, 529, 873, 1213, 1786, 2505, 2056, 2848
- anglesita, 2530
- angora, 1452
- angstrom, 468, 2456
- anguila, 1860, 2114
- eléctrica, 470, 1364
- Anguilla anguilla*, 37, 38
- ángulo azimutal, 1833
- ángulo cenital, 1833
- ángulo crítico, 835
- ángulo de ataque, 3326
- ángulo de declinación, 545
- ángulo de desviación, 2584
- ángulo de incidencia, 1884, 2720
- ángulo de reflexión, 1884, 2720
- ángulo poliedro, 2546
- anhídrido, 2374
- acético, 297, 1265
- bórico, 522, 2374
- carbónico, 331
- potásico, 475
- sódico, 475
- sulfúrico, 432
- sulfuroso, 331, 432
- anhidrita, 569, 1536
- anilina, 178, 179, 189, 772
- anillo, 144, 1263, 2275
- anual, 247
- bencénico, 181, 208*, 1300, 2151, 2152, 2650, 3096
- booleano, 800
- cambial, 246
- circular, 257
- conmutativo, 1533
- de Gravesange, 1008
- de integridad, 1533
- de Júpiter, 1785
- de Newton, 1009
- de Saturno, 2826
- de Van Allen, 1762
- del atolón, 275
- mitral de Carpenter, 2348
- moiré, 999
- ánima, 442, 615, 1420
- lisa, 2174
- animación, 214
- cinematográfica, 210*
- cinematográfica por ordenador, 214*
- de modelo, 213
- digital, 215
- mediante ordenador, 214
- animal, 216*
- bentónico, 2288
- de sangre fría, 1323
- doméstico, 1574, 3338
- sésil, 1860
- animales en peligro de extinción, 224*
- animales, distribución geográfica, 220*
- animales, madurez sexual de los, 218
- anión, 468, 1090, 1342, 1763, 2470
- Ankyllosaurus*, 2393
- Ankistrodesmus acicularis*, 138
- Ankylosaurus*, 1014, 2057
- ano, 1055, 1746
- ánodo, 171, 172, 714, 1016, 1090, 1099, 1763, 1764, 1800, 1846, 2372, 2479, 2480
- anomalía magnética, 2387
- anorexia, 1568, 2040
- anoxemia, 2376
- anoxia, 2040
- anquilosaurios, 2057
- anquilostomiasis, 1160
- ansiedad, 2242
- Antares, 1257
- ante, 904
- Antedon mediterranea*, 1174
- antena, 228*, 285, 304, 559, 894, 2665
- de bocina, 2101
- de microonda, 229
- direccional, 229
- emisora, 2678
- emisora de radio, 1744
- parabólica, 229, 2101, 2670
- receptora, 228
- transmisora, 228
- anténulas, 894
- anteojo, 466
- ániera, 13, 677, 1213, 1299, 1351, 2505
- Anteractosaurus*, 2393
- anteridios, 1212, 2144
- antetítulo, 2435
- Anthozoa*, 1048
- antiácido, 1907

- antiandrógeno, 832
 antiartrosis, 1780
 antiátomo, 237, 1993
 antibiograma, 230
 antibiosis, 230
 antibiótico, 179, 230*, 281, 437, 479, 489, 1000, 1290, 1295, 1303, 1527, 1681, 1703, 1849, 2210, 2459, 2523, 2765, 3064
 - actuación, 230
 - clasificación general, 231
 - producción, 230
 - reacciones, 232
 - tipos, 232
 anticaries, 941
 anticátodos, 889
 anticiclón, 2577, 3291
 anticlinal, 1471
 anticoagulante, 984
 anticodón, 969, 2878
 anticongelante, 1265
 anticuerpo, 136, 137, 234*, 235, 437, 488, 764, 1000, 1154, 1323, 1526, 1680, 1710, 2600, 2776, 3235, 3303
 - caliente, 235
 - frío, 235
 - monoclonal, 1700, 2032
 - natural, 234
 anticuerpopoyesis, 136
 antidepresivo, 1236, 1293
 - tricíclico, 942
 antiderivada, 196
 antielectrón, 236, 1993
 antiestrógeno, 832
 antiferromagnetismo, 1341
 antígeno, 137, 234, 1154, 1323, 1527, 1680, 1701, 1708, 1710, 2163, 2353, 2353, 2600, 2776, 3235
 antigorita, 286
 antihistamínico, 2215
 antiinflamatorio, 281
 antilope, 1226, 1270
 - cabra, 844
 antilopinos, 1268
 antimateria, 236*, 1993
 antimolécula, 1993
 antimonio, 862, 1104, 1119, 1956, 2062
 antineutrino, 2244
 antineutrón, 237, 1993
 antioxidante, 162, 1301, 1878
 antiparasitario, 1712, 1720
 antipartícula, 236, 866, 1335, 1993, 2023
 antipirético, 188, 296, 1323
 antipilatorio, 832
 antípodos, 2490
 antiprotón, 237, 1993
 antiquark, 1336
 antisepsia, 729
 antiséptico, 962, 1300
 antisueños, 764
 antitoxina, 137, 1000
 antitranspirante, 863, 964
 antivitaminas, 832
 Antlia, 804
 antofilita, 286
 antraceno, 1206, 1593
 antracita, 617
 antracosis, 2041
 antraquinona, 2485
 ántrax, 1541
 antrol, 1300
 artrópodo, 216
 antropofagia, 238
 antropeoide, 2569
 antropología, 238, 1280, 2273
 - ambiental, 239
 - cultural, 238*, 239
 - espeleológica, 1539
 - física, 238, 239, 240*
 - legislativa, 239
 - lingüística, 238, 239
 - médica, 239
 - social o cultural, 238
 antropometría, 240, 1176
 anuros, 842, 1299
 añil, 178, 772
 año anomalístico, 579
 - año bisiesto, 578
 año lunar, 578
 año-luz, 864, 3267
 año sideral, 579
 año solar, 578
 año trópico, 579, 3070
 aorta, 723, 839, 1679, 2578
 - abdominal, 2398
 apagallamas, 614
 aparato circulatorio, 2038
 - alteraciones, 309
 aparato coclear, 343
 aparato de Golgi, 497, 655, 1124, 1617
 aparato de Pohl, 2198
 aparato del equilibrio, alteraciones del, 309
 aparato digestivo, 907, 1238, 1602, 1746, 2038, 2208
 aparato excretor, 984
 aparato genital femenino, 1498
 aparato locomotor, 2236
 aparato respiratorio, 907, 1845, 2038
 aparato sandwich, 985
 aparato urinario, 907
 aparatos VCR (Videocassette recorder), 3281
 apareamiento, 1898
 apatito, 1456, 2123
 apatosaurio, 542
 apéndice prensil, 2560
 apéndice vermiforme, 1004, 1746
 apéndices ambulacrales, 284
 apéndices pluriarticulados, 282
 apendicitis, 1155
 Apex, 1242
 Aphanis, 123
 Apheloria corrugata (ciempiés), 132
 ápice germinal, 1900
 ápice vegetativo, 247
 Apido social, 11
 Apido solitario, 11
 Apis mellifica, 10, 11, 1635
 apisonadora, 381
 aplicación, 1414
 - biyectiva, 2736
 - inyectiva, 2736
 - lineal, 1200
 Apodachilia lactea, 2144
 apogeo, 2974
 aporias, 826, 1682, 2850
 - de Zenón, 824
 apotema, 2546
 aprendizaje animal, 242*
 aprendizaje intuitivo, 242
 aprendizaje latente, 242
 aprendizaje por comprensión, 244
 aprendizaje por ensayo y error, 243
 aprendizaje por exceso, 2049
 aprendizaje significativo, 2049
 APT (tren de pasajeros avanzado), 1307
 apterigógenos, 1716
 apterigotas, 285
 aquasolarium, 39
 akenio, 1402
 arabinosa, 1459
 Arabis, 1772
 arácnido, 217, 284, 1752
 arado, 1952
 aragonita, 624, 2125
 aragonito, 1354, 1457, 2071
 arándano, 526
 arandela, 1580
 araneidos, 284
 araña, 282
 - cangrejo, 2118
 - roja, 1715
 arao negro, 388
 Araucana mirabilis, 1786
 araucarias, 1786
 árbol, 246*, 1904
 - cardánico, 2179
 - de hoja ancha, 1903
 - de hoja plana, 524
 - de la goma, 492, 495
 - de la laca, 2484
 - de levas, 378
 - de transmisión, 360, 364, 1781, 1950, 2176, 2190
 - del color, 770
 - evolutivo, 1275, 1631
 - filogenético, 1276, 1281, 2393
 arbotante, 271, 537
 arcabuz, 2488
 Arcaico, periodo, 600, 872, 978, 2566, 3077
 arce americano, 1900
 arce japonés, 1772
 arcén, 382
 arcilla, 644, 672, 806, 940, 1190, 1836
 - de millita, 2075
 - especial, 110
 - estructural, 672
 - petrolífera, 1594
 arco, 534
 - arma, 248*
 - arquitectura, 250*
 - apuntado, 251
 - autosostenido, 251
 - campanel policéntrico, 250
 - campanel, 250
 - compuesto, 248
 - conopial, 251
 - coronal, 1919
 - coronario, 1044
 - de descarga, 534
 - de herradura, 251
 - de medio punto, 251
 - de pie, 248
 - de Shenton, 1927
 - de xenón, 1801
 - del violín, 1732
 - espúreo, 253
 - gótico, 251
 - Green-Horn Phoenix Td 400, 248
 - inglés, 248
 - insular, 2787
 - moderno, 248
 - musical, 1730
 - natural, 868
 - neural, 3259
 - parabólico, 250
 - rebajado, 250
 - policéntrico, 251
 - polilobulado, 251
 - rampante, 251
 - realzado, 250
 - rebajado, 250
 - reflejo, 2240
 - simple de caza "Bear Grizzly", 249
 - Tudor, 250
 - voltaico, 1443, 1692, 2515, 2914, 3187
 arco iris, 252*, 253, 1202, 1390, 1692, 1884
 - primario, 252
 - secundario, 252
 - (o círculos) lunares, 253
 arctogeo, 220
 Archaeopteryx, 116, 254*, 384, 1279, 1786, 2056, 2393
 Archaeoznis, 1787
 Archeohippus, 2391
 archivo, 926
 ardilla terrestre, 1582
 ardilla voladora, 1861
 área de Broca, 684
 área de estacionamiento, 60, 61, 62
 área de la elipse, 257
 área de Wernicke, 684
 área exterior de una figura sólida, 258
 área y volumen, 256*
 arena, 1946
 - asfáltica, 1141, 2463
 arenicólidos, 1546
 arenisca, 612, 2474, 2786, 2794
 areno, 209
 areola, 1510
 argamasa, 672, 568
 argana, 612
 arganeo, 204, 205
 argentita, 2522
 arginina, 181, 2061
 argo, 1266
 argo navis, 804
 argón, 1443, 1448, 1918, 1956, 2253, 2374
 - y helio, 260*, 332, 521, 710
 argonauta, 2158
 argonina, 885
 Aries, 804
 arilo, 178
 Arithmos, 262
 aritmética, 143, 150, 194, 262*, 572, 1487, 1982, 2091, 2272
 arma, 2174
 - atómica, 1330
 - biológica, 1540
 - de avancarga, 2488
 - de fuego, 2556, 2488, 2866
 - de haz de partícula, 2822
 - láser de alta energía, 2822
 - nuclear, 264*, 1896, 2212
 - química, 1980
 armadillo, 220, 223, 1930, 2805
 Armillaria mellea, 3271
 armiño, 1227, 2422
 ARN (ácido ribonucleico), 488, 607, 890, 966, 1209, 1458, 1465, 1526, 1576, 1619, 1681, 2003, 2058, 2154, 2758, 2878, 3122
 - mensajero, 488, 653, 2007
 - ribosomal, 653
 - ribosómico, 488
 - soluble, 2007
 - transferente, 488
 ARNm (ácido ribonucleico mensajero), 2878
 ARNr (ácido ribonucleico ribosómico), 2878
 ARNt (ácido ribonucleico transferente), 653, 2878
 aroma, 940
 aromatizante, 645
 arpa, 1730
 arpa, 223
 arpón, 444
 arquegonios, 1212
 arqueoceto, 690
 arqueología, 266*
 - antigua, 269
 - medieval, 269
 - prehistórica, 238
 - submarina, 267
 arquero, 446
 arquibacteria, 650
 Arquímedes, principio de, 576
 arquitectura, 270*
 arquitrabe, 920
 arrabio, 272*, 661, 1191, 2076
 arrecife coralino, 274*, 868, 1048
 arrendajo, 386
 arritmia, 1678
 - cardíaca, 1962, 2733
 arroz, 128, 276*, 677, 860
 - blanco, 276
 - integral, 276
 - montano, 276
 - producción mundial de, 678
 arrozal, 74
 arsénico, 606, 930, 1017, 1019, 1104, 2062, 3122
 Arsenicum album, 1635
 arsenio, 932
 arseniopinta, 1329
 arsenito de sodio, 933
 arseniuro de galio, 1019 1020
 Arsnotherium, 663
 arte, 269
 arteria, 281, 628, 722, 1774, 2578
 - bronquial, 723
 - carótida, 723, 1775
 - centrofolicular, 457
 - coronaria, 629, 723, 839, 1678
 - de Dacrom, 1756
 - esplénica, 456, 2398
 - femoral, 722, 1679
 - gástrica, 1238
 - hepática, 1602
 - iliaca, 723
 - longitudinal posterior, 838
 - poplítea, 722
 - pulmonar, 838, 1678, 2621
 - renal, 723
 - subclavia, 723
 - temporal, 1775
 - tibial anterior, 722
 - tibial posterior, 722
 - umbilical, 1926
 arteriolo, 2050, 2578
 arteriosclerosis, 766, 1678, 1850, 3202, 3250
 articulación, 280, 906, 1657, 1780
 - artificial, 2351
 - carpometacarpiana, 278
 - de la cadera, 279
 - de la mano, 278
 - de la muñeca, 281
 - de la rodilla, 279, 281
 - del codo, 278, 281
 - del pie, 279
 - elipsoidea, 279
 - escapulohumeral, 279, 281
 - esferoidal, 278
 - plana, 278
 - sinovial en gínglimo, 278
 - sinovial en perno o gozne, 278
 articulaciones bicondilares, 279
 articulaciones óseas, 278*
 articulaciones proximales y distales de las falanges, 281
 artillería, 2174
 - autopropulsada, 636
 artiodáctilo, 663, 674, 1931
 artritis, 1162
 - crónica, 281
 - reumatoide, 137, 296
 - tuberculosa, 280
 - y artrosis, 280*
 artrópodo, 282*, 623, 894, 1368, 1716, 1752, 2416, 2508
 artroscopio, 2038
 arundo, 124
 Arverniense, 1940
 ASA (fotografía), 1378
 asbesto, 286*
 - de anfíbol, 286
 - de serpentina, 286
 - minas de, 287
 - peligros del, 286
 - tipos de, 286
 asbestosis, 286, 2041
 ascas, 1213
 ascensor, 288*, 1184
 ascidia, 484, 841, 2080
 ASCII (American Standards Code for Information Interchange), 3012
 ascomiceto, 529, 2144
 ascosporas, 1213, 1830
 asfaltita, 291
 asfalto, 290*, 382, 604, 626, 644, 1592, 1660, 1661, 2296, 2466, 2716
 - aplicaciones del, 291
 - de pirogenación, 291
 - de tipo pez, 291
 - de tipo soplado, 291
 - de vidrio, 2711
 - elaboración del, 290
 - producción del, 290
 asfixia, 2582
 - por inmersión, 2581
 asiento lanzable, 291*
 asíntotas, 1360
 ASM (misiles aire-tierra), 2136

asma, 136, 137
 asno, 556
 asolfame k, 2806
 aspartame, 2806
Aspergillus, 2144
 aspiradora, 294*
 aspirina, 188, 189, 281, 296*, 1037, 1290, 1301
Asplenium trichomanes, 1773
 asquelminto, 1549
 ASROC (cohetes anti-submarino), 2136
 Astaraciense, 1940
 astato, 540, 1396, 1552
 astenia, 2041
 astenosfera, 949, 1938, 2289, 2787, 2979, 3077, 3318
Asterias rubens, 1753
 asteroide, 298*, 1782, 1785, 1880, 2895
 - Palade, 2384
 asteroideo, 979, 1173
 astigmatismo, 1428
 astrágalo, 2689
 astralgia, 280
Astrapotherium, 663
 astro errante, 318
 astro fijo, 318
 astrocito, 681
 astrofísica, 300*, 319, 320, 1327, 2018
 astrógrafo, 1252
 astroide, 919
 astrología, 804
 astronauta, 306*, 1880, 1982
 - alimentación del, 307
 - entrenamiento del, 308
 - tareas del, 308
 astronáutica, 310*, 877
 astronomía, 150, 196, 256, 300, 318*, 640, 697, 877, 1983, 2278, 2284, 2500, 3140
 - del universo lejano, 323
 - estelar, 322
 - fotográfica, 2281
 - moderna, 320
 - observativa, 322
 - para aficionados, 324*
 - planetaria, 322
 astrónomo, 642
 - aficionado, 324
 ataque cardíaco, 1962
 ataxia congénita ovina, 746
 aterrizaje, 3325
 - automático, 428
 - sistema instrumental (ILS), 63
 atigrado, 1453
Atlanthropus, 898, 1281
 atlantosaurio, 543
 atlas de Argelante, 642
 atleta, 2036
 atletismo ligero, 2037
 atletismo pesado, 2036
 atmósfera, 308, 328*, 503, 739, 854, 1070, 1152, 1180, 1474, 1882, 1894, 1918, 1957, 1970, 2256, 2376, 2382, 2384, 2504, 2566, 2576, 3072, 3239, 3277
 - composición de la, 328
 - estelar, 300
 - evolución de la, 332*, 625
 - reductora, 3274
 - solar, 2890
 atolón, 275, 869, 1960
 - coralino, 122
 átomo, 14, 19, 78, 236, 334*, 460, 479, 508, 590, 658, 778, 814, 880, 1078, 1090, 1092, 1104, 1166, 1230, 1326, 1334, 1340, 1348, 1362, 1408, 1448, 1596, 1762, 1764, 1804, 1854, 1888, 1910, 1915, 1918, 1978, 1988, 1994, 2000, 2003, 2014, 2020, 2070, 2146, 2196, 2244, 2262, 2366, 2372, 2456, 2479, 2630, 2645, 2660, 2950
 - de Bohr, 337
 - ionizado, 19

- primordial, 3220
 - radiactivo, 1764, 1766
 - según Chadwick, 339
 - según Dalton, 338
 - según Leucipo, Demócrito y Epicuro, 338
 - según Perrin, 338
 - según Rutherford, 338
 atopia, 137
 ATP (molécula), 491, 1521, 1522, 1886, 2004, 2058, 2208
 atracción gravitacional, 1068, 1240, 1434, 1674, 2014
 atracción gravitatoria, 305, 328, 1690
 atracción molecular, 3022
 atraque orbital, 313
Atrium vestae, 1612
Atropa belladonna, 126
 atropina, 126, 127, 2399
 atún, 483, 934
 audición, 340*
 audífono, 342*
 - endoauricular, 353
 - retroauricular, 343
 audiovisuales, medios, 344*
 aulacógenos, 2343
Aurelia, 2758
 aurícula, 677, 838, 1085, 1962
 - derecha, 838, 907
 - izquierda, 839, 907
 auricular, 2998
 Auriga, 804
 Aurita, 2758
 aurora, 329
 - boreal, 1920, 2514, 3078
 - polar, 1920
 australoide, 1632
 australopitécidos, 898, 1280, 1630
Australopithecus, 240, 241, 663, 1280, 1630, 2569
 - *africanus*, 241
 - *boisei*, 241
 autoanalizador de aminoácidos, 496
 autoanticuerpo, 235
 autobomba, 1670
 autoclaves, 2301
 autocolimación, 1208
 autofecundación, 1298
 autogiro, 1560
 autohipnosis, 1611
 autoinducción, 505, 714
 autoinjerto, 1709
 autólisis, 2202
 automatización, 346*, 692, 1691
 - integrada, 348
 automorfismo, 1487, 1530
 automóvil, 186, 350*, 1592, 1780, 3154
 - blindado, 636
 - de vapor, 350
 - carburación y sistemas de inyección, 356*
 - carrocería y suspensión, 358*
 - de competición, 378*
 - diferencial, 360*
 - dirección, 362*
 - embrague y caja de cambios, 364*
 - encendido del, 366*
 - freno, 368*
 - mantenimiento, 370*
 - neumáticos, 374*
 - seguridad, 376*
 autopistas y carreteras, 380*
 autopolinización, 1352, 2505
 autopsia, 2042
 autorradiografía, 1617
 autorreactor, 1224
 autorrespirador, 1673
 autosomas, 1156, 1461
 autotomía, 2761
 autotrofismo, 2004
 autótrofo, 138, 1048
 - organismo, 528
 autovalor, 2011
 autovector, 1358, 2011
 Autuniense, 1940
 autunita, 3223

auxenita, 3226
 auxina, 932, 1640
 avalancha, 850
 ave, 116, 216, 384*, 3260
 - de presa, 387
 - india, mynah, 1720
 - invisible, 2119
 - migradora, 2114
 - sativa, 676
 avena, 1392
 aventadora, 860
 avestruz, 254
 avetoro, 2119
 aviación militar, 390*
 avión, 394*, 1558, 1834, 2224, 2494, 2558, 3324, 3330
 - a reacción, 1592
 - a reacción, motor de, 410*
 - anfibio, 3246
 - antitanque, 391
 - comercial, 3327
 - de ataque, 392
 - de caza, 308, 400, 2482
 - de entrenamiento, 393
 - de interceptación, 414*
 - de reconocimiento, 393, 646
 - de transporte, 393
 - de transporte ligero y STOL, 418*, 549
 - de transporte pesado, 420*
 - de vuelo libre, 58
 - estructura y producción, 398*
 - motor de, 394, 402*
 - para lucha antisubmarina, 391
 - proyecto de, 406*
 - radar, 2560
 - reactor, 399, 403
 - supersónico, 42208
 - VISTOL, 892
 aviónica, 424*, 516
 - militar, 428
 avispa, exoesqueleto de la, 283
 avispón, 471
 avitaminosis, 152, 156
 axioma, 1192, 1262, 1486, 1683, 1873, 1982, 2090, 2273
 - de Peano, 263
 - independiente, 2090
 - redundante, 2090
 axoemia, 1109
 axón, 681, 1188, 2236
 - conductor, 469
 axoplasma, 1036
 aye-aye, 225
Azalea pontina, 2113
 azoe, 773
Azofobacter vinelandii, 2255
 azolla, 2255
 azufre, 281, 331, 432*, 704, 963, 1009, 1284, 1310, 1406, 1495, 1599, 1600, 1634, 2268, 2509
 - alfa, 432
 - beta, 432
 - plástico, 433
 azúcar, 430*, 803, 1291, 3298
 - de caña, 430
 - de remolacha, 430
 azúcares, 1518
 - simples, 161, 2398

B

babirusa o cerdo ciervo, 674
 babuino, 1564
Babryrousa babyrussa, 674
 bacalao, 2452
 bacilo, 434
 - del tifus, 2507

- de Hansen, 1160
Bacillariophyceae, 528
Bacillus, 231
 bacitracina, 231
 bacteria, 182, 190, 217, 218, 230, 234, 294, 434*, 472, 496, 528, 764, 803, 818, 1000, 1276, 1302, 1392, 1465, 1527, 1575, 1710, 1728, 1823, 2002, 2027, 2144, 2202, 2301, 2508, 2638, 2640, 2766, 2908, 3064, 3080, 3126, 3234, 3297, 3304
 - anaerobia, 2291, 3275
 - fusiforme, 436
 - luminiscente, 491
 - mesófila, 165
 - metanógena, 472
 - metenogénica, 494
 - monoflagelada, 435
 - nitrificante, 2254
 - pluriflagelada, 435
 - psicrófila, 165
 - saprófita, 435
 - simbiótica, 2252
 - útil, 434
 bactericida, 232, 962
 bacteriemia, 1161
 bacteriófago, 489
 bacteriología, 1756
Bacteriophyta, 435
 baffle, 167
 bahía, 868, 1961
 bajamar, 1150, 1965
 bajas presiones, 453
 bakelita, 2381, 2550
Balaena australis, 690
Balaena glacialis, 690
Balaena mysticetus, 690
 balaenóptera, 444
 - *musculus*, 690
 balanitis, 724
Balanoglossus, 3258
 balanos, 482
 balanza, 438*, 1976
 - analítica, 439
 - de amortiguador, 440
 - de muelle, 440, 1074
 - de plataforma, 440
 - de precisión, 438
 - de torsión, 1470, 1525
 - hidrostática, 439
 - médica, 440
 balénidos, 688
 balenoptéridos, 688
 balística, 442*
 - de efectos, 443
 - exterior, 443
 - interior, 442
 balsa, 524
 bálsamo, 2430
 - de Canadá, 1901, 2107, 2460
 baluchi, 1824
 ballena, 226, 444*, 1928
 - austral, 690
 - azul, 224, 226, 444, 689, 1918, 2492
 - boreal, 444, 1930
 - común, 445
 - franca, 690
 - glacial, 444
 - gris, 444, 690
 - gris de California, 690
 - negra, 690
 - xibarte, 690
 ballenero-factoría, 444
 ballesta, 248, 359, 446*
 bambú, 524
 bancada, 3115
 banco de animación, 212
 banco de datos, 450*, 928, 1687, 1835, 2436, 3131
 banco de ojos, 2346
 banco de pesca, 2450, 2525
 banco de sangre, 3150
 banco de semen, 2347
 banco óptico, 595
 banda de Moebius, 449, 918, 2547, 3106
 banda de Moebius y botella de Klein, 448*
 banda de rodadura, 374

banda de valencia, 2847
 banda magnética, 563, 566, 599
 banda sonora, 212, 599, 658, 2167
 bandicut, 663
 - conejo, 1968
 "bang" supersónico, 422
 bañera, 1726
 baño electrolítico, 888
 baño galvánico, 1091
 baño María, 803
 baño turco, 1612
 baobab, 2805
 baquelita, 148, 2516
 barbas, 388
 barbillas, 388
 barbitúrico, 2043
 bárbulas, 843
 barca de remos, 1110
 barcaza, 3161
 barco, 1590, 2140, 2224
 - ballenero, 444
 - de vapor, 552
 - de vela, 1146, 1586, 2219
 - petrolífero, 2464
 - RO-RO, 3160
 baricentro, 422, 2012, 2017
 bario, 1348, 1407, 1801, 2062, 2070
 barión, 1336, 2631
 barita, 1104
 baritina, 881, 2070
 barn (unidad de medida), 711
 barniz, 626
 - bituminoso, 2486
 - catalizado, 2486
 - de alcohol, 2486
 - graso, 2486
 barógrafo, 453, 2087
 barómetro, 452*, 2053, 2086, 2088, 2482, 2577, 3048
 - aneróide, 453, 2047
 - barra de control, 665
 - de mercurio, 452, 1008
 barrena, 1581
 - de carpintero, 2956
 - manual, 635
 barrera coralina, 274
 barrera de microondas, 121
 barrera del sonido, 293, 3330
 barro de diatomea, 2491
 barroco, 271
 Bartlett, 1404
 basalto, 612, 2787, 2789
 base (matemáticas), 1199
 - algebraica, 1200
 - de Hamel, 1200
 - ortonormal, 1201, 2010
 base (química), 27, 126, 178, 966, 2470
 - inorgánica, 30
 - orgánica, 31
 base de datos, 929, 1687, 3018
 - específica, 451
 - del sistema, 2886
 basic, 2104, 2320, 2334
 basicidad, 27, 28
 - creciente, 29
 basidios, 1211
 basidomiceto, 529
 basset leonado, 2445
 basset normando, 2445
 baston terrier, 2445
 bastones, 1215, 2292, 3309
 batán, 2989
 batata, 2414
 batería, 40, 42, 355, 366, 1081, 1090, 1102, 119, 1142, 2478, 2480
 - cinc plata, 2523
 - eléctrica, 704
 - primaria, 40
 - recargable, 1102
 - secundaria, 40
 - solar, 1153
 batidora, 454*
 - eléctrica, 454
 - modelo fijo, 454
 - modelo portátil, 454

- batiscafo, 482, 554, 1704, 2288, 2577
batolitos, 2172
Batrachospermum, 140
bauprés, 546
bauxita, 170, 171, 172, 2375
baya, 1402
- de enebro, 128
bazo, 456*, 908, 1238, 1509, 1602
bazuca, 1806
bebidas alcohólicas, 128, 130, 2203
bebidas no alcohólicas, 458*
bedlington, 2444
belcho, 2507
beleños, 2113
belladona, 1634, 1635, 2506
benceno, 178, 208, 494, 704, 1028, 1301, 1451, 1593, 1597, 2650, 3096
bencil-penicilina, 231
bencina, 1841
benetiales, 1366
bennettites, 1786
bentos, 482, 1172
benzaldehído, 132
benzamida, 179
benzofenona, 133
benzol, 1841, 2467
berberis, 1635
berbiquí, 635, 2956
bergamota, 1404, 2430
beriberi, 153, 1160
berilio, 9, 814, 1553, 2070, 2457
berkelio, 3163
berrendo, 220
berza, 77
Beta Centauri, 805
Beta Ursae Majoris, 805
betatrón, 460*, 2693
beta-globulina, 1601
beta-lactamasa, 231
Betelgeuse, 983
Betula, 873
betún, 1141, 2486
- asfáltico, 290
- del petróleo, 291
- mineral, 290
bibliobus, 463
bibliofér, 463
biblioteca, 462, 926, 1686
- clasificación decimal, 463
- clasificación francesa, 463
bibliotecología, 462*
biblioteconomía, 462
bibliotrén, 463
bicarbonato de calcio, 2470
bicarbonato sódico, 296, 1670, 2470
biceps, 906, 2208
bicicleta, 464*, 2176
- cambio de, 465
- cuadro de, 464
- radio de, 465
biciclo, 464
bicromato potásico, 904
bicuspide, 2348
Biddulphia, 141
bidé, 1726
blefaroplastia, 732
biela, 465, 350, 2180
"big bang", 305, 866, 1336, 2634, 2675, 3220, 3268
"big crunch", 867, 3221
bighorn blanco, 2117
bigote táctil, 1452
bildschirmtext, 3005
bilis, 1005, 1569, 1602
- amarilla, 476, 2027
- negra, 476, 2027
binaria de contacto, 1259
binaria eclipsante, 1258
"bing", 1403
binoculares, 466*, 2108, 2110
binomio de Newton, 776
biocenosis, 502, 2390
biodegradable, 818
biodegradación, 2766
bioelectricidad, 468*
bioespeleología, 1539
bioestratigrafía, 2389
biofísica, 1328, 1345, 1465
biogás, 472*, 494, 1303
bioingeniería, 474*, 1176
Biología, 476*, 554, 863, 1458, 1465, 1476, 1616, 1685, 1754, 1985, 2039, 2098, 2388, 3140
- de población, 1048
- evolucionista, 1272
- marina, 482*
- matemática, 1984, 2142
- molecular, 240, 486*, 499, 1280, 1345, 1465, 1700, 1993
- oceanográfica, 2290
bioluminiscencia, 490*
bioma, 223
biomasa, 71, 219, 472, 492*, 1138, 2005, 2186, 2713
- fuentes de, 492
- tipos de, 492, 493
biomecánica, 1176
biomembrana, 496
biomolécula, 1170
bionergética, 470*
biopotencial, 1756
biopsia, 1127, 1498
bioquímica, 154, 202, 479, 486, 496*, 1231, 1344, 1465, 1541, 1755, 1993, 2645
biorritmo, 500*
biosfera, 78, 470, 502*, 819, 2253, 2376, 3240
biosíntesis, 2058
biotecnología, 1703
biotina, 710, 2113, 2461, 3315
biotopo, 502, 1048
bióxido de carbono, 172
bióxido de manganeso, 1981
bióxido de silicio, 2075
bióxido de uranio, 2075
biro, 506
birrefrigencia, 1890
birremes, 2218
bismuto, 134, 1104, 2062
bisón, 220
Bison bonasus, 224
bisonte, 896, 1226
- americano, 844
- europeo, 224, 844
bisturí, 728, 1812
bit, 1023, 1315, 1320, 1688, 2313, 2316, 2105, 2326, 3012
bita, 205
bituminosa, 1594
bivalvo, 484
biyección, 144, 262, 774, 800, 825, 826, 1200, 1530, 1683, 2090, 2273
- bicontinua, 825
blanqueador, 1365
- óptico, 975
blastema, 2731
blastocela, 789, 1114, 1658
blastocisto, 1108, 1701
blastómero, 1658, 1703
blastos, 1711
blástula, 789, 1114, 1658
Blatta, 1716
blefaroplasto, 216
blenda, 432, 704
blenorragia, 1162
blodin, 1528
bloodhound, 2445
bloque, 1320
- de culata, 615
- errático, 1500, 1507
boa de la isla de Round, 225
bobina, 355, 367, 716, 1095
- de encendido, 366
- de Helmholtz, 505
- de inducción, 505
- eléctrica, 504*
- híbrida, 2999
boca de dragón, 1402
boceto, 1665
bocio, 541, 1154, 3089
bogavante, 482
Boiophyton, 2343
boletín electrónico, 821
boleto, 2507
Boletus edulis, 2857
bólide, 2084
bomba de alimentación, 2184
bomba de calor, 581, 1400, 3042
bomba de cobalto, 747
bomba de condensación, 577
bomba de desplazamiento positivo, 510
bomba de diafragma, 510
bomba de difusión, 3230
bomba de engrase, 372, 510
bomba de émbolo, 510
bomba de fisión, 264, 508, 1425
bomba de fusión
- termonuclear, 264, 508
bomba de Gaede, 3232
bomba de hidrógeno, 392, 264, 746, 1425, 1596, 1855, 2135
bomba de implosión, 509
bomba de lóbulo, 510
bomba de metralla múltiple, 514
bomba de neutrones, 264
bomba de paleta, 510
bomba de plutonio, 509
bomba de profundidad, 515
bomba de sodio, 1036, 1746
bomba de uranio, 509
bomba de vacío, 2075, 2403, 3229, 3233
bomba de Venturi, 511
bomba eléctrica, 105
bomba hidráulica, 348, 510*, 514, 1282, 1586, 1952
bomba incendiaria, 2212
bomba inteligente, 512*, 518, 647
bomba nuclear, 1896, 1979
bomba peristáltica, 510
bomba rotativa, 510
bomba termonuclear, 514
bomba-turbina, 3201
bomba volumétrica, 510
bomba y mina, 514*
bombardero, 119, 392, 414, 516*, 646
- invisible, 519
- moderno, 516
bombeo, 105
Bombidae, 10, 13
bombilla, 520*, 1724, 1846
bombo, 1733
Bombus terrestris, 11
Bonellia viridis, 1564, 2859
boniato, 2414
bonito, 483
Bootes, 804
boquilla, 1732
borato, 522
bórax, 522
bordón, 2473
boro, 522*, 1017, 1599, 2457, 2508
borrasca, 695
bort, 986
boruro, 522
borzoi, 2445
Bos banteng (banteng), 539
Bos gaurus (gaur), 539
Bos grunniens (yak), 539
bosc, 1404
bosón, 1331, 1336, 1409, 2022, 2630
bosque, 524*, 956, 2876
- aciculifolio, 3244
- boreal, 1227
- caducifolio, 525, 3244
- esclerófilo, 525, 3244
- monzónico, 3242
- perennifolio subtropical, 524
- perennifolio tropical, 524
- petrificado, 2056, 2389
- templado-caduco, 524
bosquejo, 988
Botánica, 478, 528*, 699, 1570, 3240
- aplicada, 528
- general, 528
- sistemática, 528
botavara, 2140
botella bordolesa, 3301
botella de inmersión, 485
botella de Klein, 448, 918, 3106
botella de Leiden, 792, 1080
botella de Mariotte, 1598
botella de Nanse, 2290
botón de oro, 1402, 1772
Botrydium, 141
botulismo, 803, 3126
bóveda, 250, 271
- celeste, 2500
- craneana, 241
- de arista, 536
- de cañón, 536
- de crucería, 270, 536
- de lunetos, 536
- y cúpula, 534*
bóvido, 1269, 2368
bovino, ganado, 538*
boxer, 2445
bractéola, 277
bracteolilla, 277
Brachiosaurus, 1012, 2931
Brachysporifer, 978
bradicardia sinusal, 628
Braille, 1821
branquia, 216, 285, 894, 2417, 2774
branquiespinas, 2417
Branquiosoma lanceolatum, 840
branquístocrona, 1068
braquiación, 1861
braquiópodos, 482, 623, 979, 1751, 1786, 2342, 2394
braquiosáuridos, 2930
breathalyzer, 128, 129
brécoles, 77
bretilo, 1237
brezo, 526
briofita, 528, 1212, 2507
briozoo, 484, 623, 1751, 2342
brisa marina, 3291
broca, 1581, 2956
brocado, 283iñ3
bromacilo, 1573
bromo, 741, 1552
- desdrambrimiento del, 540
- y yodo, 540*
bromoformo, 2461
bromuro, 541
- de plata, 541
- de potasio, 541
- de sodio, 541, 741
bronce, 748, 1009, 1074, 1190, 1220, 1457, 2062
broncoscopio, 1127
bronquiolo, 907
- terminal, 2620
bronquios, 907
- lobular, 2620
- segmentario, 2620
bronquitis, 1527
Brönsted-Lowry, teoría de, 28, 30
brontosaurio, 542*, 1014, 1786, 2056
Brontosaurus, 1012, 2393, 2930
brucelosis, 1541
brújula, 544*, 602, 638, 1093, 1471, 1490, 1833, 2224, 2228, 2386, 3102
- de inclinación, 1910
- giroscópica, 545, 2225
- magnética, 544, 551, 1908
bruma, 2246
bryonia, 1635
Bubalus bubalis, 539
bubón, 2459
buche, 1004
buey almizclero, 1227
búfalo, 226
- cafre, 844, 1931
- indio, 844
buffer, 3013
búho, 385
builder, 975
buitre, 386, 3261
bujía, 350, 356, 366, 367, 371, 373, 2181
- de incandescencia, 2185
bulbo, 1345, 2425
- ocular, 1709
- olfatorio, 2298
- raquídeo, 680
bulldog, 2443
buque a vapor, 2219
buque auxiliar, 549
buque cisterna, 553, 2200, 3157, 3160
buque de asalto, 3248
buque de desembarco, 3248
buque de guerra, 546*, 2558
buque de investigación, 1704
buque de línea, 3157
buque de transporte, 549, 3157
buque-dique, 3249
buque-factoría, 2452
buque-faro, 1297
buque mercante, 550*
buque oceanográfico, 554*, 2289
buque portacontenedor, 553
buque tipo FLIP, 1704
bureta, 1793
buril, 102, 1581
burmes, 1452
burro, 1584
bursa, 1709
bursitis, 2041
bus de control, 2316
bus de datos, 2316
bus de dirección, 2316
búsqueda de Fibonacci, 2308
butadieno, 10076
butanal, 132
butano, 67, 183, 1442, 1450, 1446, 2083
buteno, 1593, 2083
butilenglicol, 964
butileno, 2083
butino, 2083
BWR (central nuclear), 667
bypass, 1679, 2031
byte, 2316, 2326
C
caatinga, 3244
cabalgamiento (geología), 1286, 2172
caballa, 483
caballero (pieza de la balanza), 439
Caballito (estrella), 1257
caballito de mar, 482
caballo, 556*, 1279, 3261
- árabe, 556
- belga, 556
- de Far West, 556
- de Przewalskii, 221, 224, 556
- de vapor, 1144
- salvaje de Mongolia, 226
cabeza, 782
- de grabación, 167, 1913, 3278
- femoral, 280, 2350
- hidrófila, 975
- impresora, 1948
cabezuela, 1352
cable coaxial, 1688, 2101, 2103
- y guía de ondas, 558*
cabo, 868
cabra, 1802
- montés, 845, 2173
cacahuete, 1823
cacao, 922, 1236
cacops, 2440

- cactus, 961, 1226, 1621
cachalote, 444, 483, 689, 2430
CAD (Diseño asistido por computador), 348, 2329
cadaverina, 178
cadena, 536, 2170
- alimentaria, 2490
- de montaje, 352, 346, 708, 3147
- de plegamiento, 949
- instrumentalizada, 2168
- lineal, 2551
- montañosa, 1492, 1957
- orogenética, 823
- polipeptídica, 180, 1803
- reticular, 2552
- sin fin, 1184
- trófica, 138, 484, 816, 1048, 1536, 1713, 1798, 1960, 2291
cadmio, 134, 704, 1009, 1956, 2041
café, 560*, 1236
- de goteo, 561
- descafeinado, 561
- exprés, 561
- instantáneo, 561, 1848
- liofilización de, 561
- molienda de, 561
- soluble, 561
- tostado, 561
cafeína, 189, 296, 458, 560, 1236
caimán del Ganges, 225
cainita, 1312, 1907
caja, 1417, 1353
- acústica, 167, 168
- armónica, 2472
- de cambio, 3155
- de humos, 920
- de la dirección, 363
- de resonancia, 1544
- de Skinner, 243
- de transmisión, 2190
- de velocidades, 364, 1164, 1579
- fuerte y cerraduras, 562*
- registradora, 564*
- torácica, 906
cajero automático, 563, 566*, 2964
cal, 568, 672, 1104
- apagada, 569
- mortero, 660
- sodada, 1981
- viva, 569
calabaza, 70
caladero de pesca, 2492
calamar, 483
- gigante, 483
- vampiro, 2158
calamariáceas, 622
calamina, 704
Calamites, 622, 2056, 2441
calandria (máquina), 745
calaverita, 2360
calcáneo, 1657
calcarina splengen, 1750
calcídidos, 1716
calcio, 276, 568*, 872, 1310, 1495, 1599, 1656, 1659, 1801, 1897, 2062, 2070, 2475, 2508
calciocianamida, 933, 1312
calcita, 568, 624, 1354, 1456, 2123
calcitonina, 1125, 1644, 3088
calcosipina, 432, 748
calcosina, 748
calculadora, 8
- analógica, 2313
- de bolsillo, 570*
- digital, 575, 2313
- electrónica, 1030, 1691
- híbrida, 2314
- programable, 570
cálculo, 8, 1052, 1415, 1481, 1487, 1530, 1738, 1983
- analógico, 2143
- aproximado, 257
- biliar, 766, 2027
- de probabilidad, 774, 2143, 2205, 2586
- de proposición, 1872
- de variación, 194, 197, 2307
- diferencial, 194, 1483
- infinitesimal, 194, 259, 916, 1055, 1484
- integral, 194, 257, 1054, 1487, 1740
- numérico, 257, 262, 572*, 1057, 1059
- proposicional, 1873
- renal, 2779
- tensorial, 919
caldarium, 1613
caldera, 577, 1798, 3322
calderón (*Globicephala melaena*), 689
caldo bordelés, 1712
caldo de cultivo, 1617
caldo oceánico, 3273
caldo primordial, 1271
calefacción, 1442, 1934, 2400
- central, 576*, 1612
- eléctrica, 577
calefactor, 1816
calendario, 578*
- azteca, 578
- fijo internacional, 578
- gregoriano, 578
- juliano, 578
- mundial, 578
- perpetuo, 579
calendas, 579
caléndula, 1635
calentador, 920
- boiler, 580
- cíclico, 3053
- de agua, 580*
- de energía solar, 580
- de gas, 580
calibre, 615, 1581, 2046
californio, 3163
caliptra, 2688
calixto, 1785
cáliz gustativo, 1350, 1551, 2505
caliza, 272, 568, 612, 661, 672, 872, 1221, 1535, 2470, 2474, 2793, 3286
- fosilífera, 2795
calmante, 296
calor, 582*
- de fusión, 1998
- de vaporización, 1999
- específico, 583, 586, 2904
- latente, 583
- transmisión del, 584*
caloría, 586*, 767, 778
calorímetro, 158, 586, 587
calostro, 235, 1109
calotermes, 1716
calzado, industria de, 588*
CAM (Producción asistida por computador), 348
camaleón, 844, 2118
- de Jackson, 844
cámara anecoica, 48, 49, 2926
cámara Baker-Nümm, 1469
cámara de burbujas, 590*, 593, 1334, 1449, 1765, 2630
cámara de chispas, 591
cámara de combustión, 350, 410
cámara de difusión, 593
cámara de expansión, 592
cámara de neutrones, 1790
cámara de niebla, 236, 591, 592*, 1765, 2630, 2751
cámara de vacío, 1848
cámara de Wilson, 236, 592, 593, 2751
cámara fotográfica, 594*, 598, 656, 1260, 2276, 2365
- cuerpo de, 594
- diafragma de, 594
- objetivo de, 594
- visor de, 594
cámara frigorífica, 2040
cámara oscura, 1376
cámara réflex, 596
cámara subestomática, 246
cámara supersónica, 1224
cámara vertical, 212
cámara y proyector cinematográficos, 598*
cambio de estado, 1994
cambio de velocidades, 351, 1781
- automático, 351
- manual, 351
Cambium, 246, 1706, 1900
Cámbrico, período, 600*, 872, 978, 1368, 1751, 2342, 2394, 2441, 2466
camello (*Camelus*), 220, 1802
campana, 1733
- de inmersión, 482
- tubular, 1732
Campaniense, 1940
campánula rainen, 1772
Campanularia flexuosa, 490
campeche, 3084
campo, 1320, 1408
- de dirección, 2320
- eléctrico, 228, 504, 592, 603, 656, 1086, 1093, 1524, 1789, 1843, 1916, 2731
- gravitacional, 317
- gravitatorio, 106, 328, 602, 1068, 1408, 1411, 1524, 2748
- magnético, 106, 169, 228, 460, 504, 602*, 1079, 1093, 1142, 1184, 1408, 1425, 1524, 1601, 1762, 1789, 1808, 1913, 1909, 1915, 2054, 2064, 2066, 2096, 2102, 2108, 2188, 2192, 2268, 2365, 2387, 3278
- magnético solar, 1919
- magnético terrestre, 1471
- vectorial, 1741
- zona de fuerza, 602
Campylorhynchus bruneicapillus, 959
Can Mayor, 983
canal, 604*
- cervical, 788
- de flujo coronal, 1919
- de riego, 604
- naso-lagrimal, 2215
- navegable, 604
- radial, 1174
canales de Marte, 1972
canalículos, 1656
canario, 1268
cáncer, 606*, 804, 933, 1154, 1458, 1576, 1604, 1756, 3188, 3305
- de piel, 1897
- pulmonar, 286
Candida, 1275
- lipolytica, 1831
- utilis, 1830
canela, 922
Canes Venatici, 804
canfor, 3055
cangreja, 2140
cangrejo, 282, 482
- de río, 285
- gigante, 282
- herradura, 284
- peludo, 2119
- ribereño, 282
- verde de Cape Cod, 1958
canguro, 221, 662, 2805
- rojo, 1968
cánidos, 1452, 2442
canilla, 796, 1727, 1944, 2988
Canis dingo, 959
Canis familiaris, 2442
Canis latrans, 959
canao, 1110
canopo, 2231
cantera, 612*, 2126, 2475
cantidad de movimiento, 2020
caña, 204
- de azúcar, 128, 431, 492, 494, 1594
- de bambú, 933
cañamo, 70, 588, 1608, 2138
cañón, 176, 388, 546, 649, 892, 2193
- anticarro, 636
- de asalto, 636
- de avancarga, 2556
- electrónico, 2110, 2364, 3182
- y munición, 614*
cañonero, 547
caoba, 524
caolín, 672, 862, 1648, 2122
caparazón, 285
Capella, 324
capibara, 220
capicuar, 1120
capilar, 722, 907, 1511, 2578
capilaridad, 885, 1587, 3022
Capillaria hepatica, 2409
Capoide, 1632
Capreolus, 220
Capricornus, 804
capsómeros, 1577
capstan, 1912
cápsula, 306, 1402, 2096
- articular, 278
- cerámica, 3095
- cervical, 833
- de Bowman, 2779, 3227
- de cristal, 3095
- detonante, 1285
- espacial, 1333
- espacial Géminis, 2478
- fibrosa, 456
- fonocaptora, 3094
- hidrostática, 632
- magnética, 3095
Captain, 3005
capullo, 12
caqui, 1403
carabela, 551, 2218
carabo, 388, 1583
Carabus, 1716
caracol, 340, 623, 2355, 2859
- Cepaea, 2118
- de mar, 284
carácter dominante (genética), 1278, 1458
carácter hereditario (genética), 1278
carácter recesivo (genética), 1278, 1458
carácter sexual (genética), 3062
caramar, 1038
caramelización, 2396
Carassius auratus, 36
carbinol, 131
Carbo vegetabilis, 1635
carbohidrato, 742, 2254
carbón, 172, 331, 492, 616*, 620, 624, 708, 754, 781, 873, 1135, 1136, 1140, 1264, 1440, 1592, 1594, 1646, 1800, 2185, 2462
- bituminoso, 493, 617
- de abedul, 940
- de coque, 172
- de lena, 940
- explotación a cielo abierto, 618
- explotación subterránea, 618
- filamento de, 520
- formación del, 617, 622
- usos del, 618
- vegetal, 1284, 1406, 1612
carbonato, 1180, 1600, 2479, 2062
- cálcico, 98, 1455
- de calcio, 568, 744, 2475
- de cinc, 704
- de litio, 1855
- de magnesio, 296, 965, 1907
- potásico, 31
- sódico, 1768, 2471, 3286
carbonero, 387
Carbonífero, período, 600, 617, 620*, 978, 872, 1751, 2388, 2394, 2440, 2504, 2976
- inferior, 620
- superior, 620
carbonización, 2636
carbón, 66, 100, 127, 134, 172, 179, 180, 182, 208, 269, 353, 624*, 780, 986, 1104, 1167, 1451, 1456, 1494, 1592, 1594, 1600, 2074, 2076, 2377, 2469, 2598, 2649
- asimétrico, 1231
- en la superficie lunar, 627
- ciclo del, 624
- circulación en la biosfera, 626
carbono-12, 627, 1767, 2456
carbono-13, 2457
carbono-14, 269, 627, 1501, 1623, 1766, 2701
carboxilatos, 975
carburador, 353, 356, 373, 1451, 1073, 2181
carburante, 291, 354
carburo de calcio, 569
carburo de silicio, 673, 3010
carburo de titanio, 673
carburo de tungsteno, 673
carcasa, 2190
cárcava, 956
carcinogénesis, 606
carcinoma, 607, 3189
- de mama, 1695
- escamoso, 607
Carcinus, 285
cardadora, 149
cardado, 1608
carde del algodón, 148
cardenal (ave), 388
- rojo, 220
cardenilla, 2506
cardenillo, 1221
cardias, 1004, 1238
cardinal (de un conjunto), 826, 2272
- transfinite, 826
cardioide, 919
cardiología, 628*, 1652, 2036, 2038
cardiopatía, 175, 628
- isquémica, 630
cardiotacómetro, 2732
carena, 3118
Carex verna, 1227
carga, 712
- alar, 939
- cuantizada, 1338
- de proyección, 1420, 2174
- de rotura, 1074
- eléctrica, 1092, 1338, 1408, 1424
- explosiva, 515
- "Hedgehog", 633
- hueca, 1806
- negativa, 1079, 1093
- por avancarga, 2174
- positiva, 1079, 1093
cargador, 212, 1420
cargas de profundidad, 632*
caribú, 242, 845, 1227
caries dental, 161, 940, 995
carina, 804
cariocinesis, 655
cariópside, 277, 677, 860
cariotipo, 1156
carlino, 2445
carnalita, 2562
carne de soja, 161, 162
Carnegie gigante, 958
carnero australiano, 1803
carnita, 161
carnívoro, 503, 689, 1048, 1452
- físpido, 1929, 1931
- pinnípedo, 1931
carnosaurios, 2393, 3086
carnotita, 3237
Caronte, 2535
caroteno, 138, 162, 894, 2113
carotenoides, 471, 655, 1886, 1936
carotidograma, 628
carotina, 2513
carpa, 218
carpelo, 1299, 1351
carpintería, 634*, 2139
carpo, 281
carpocapsa, 1715

- carregina, 139
 carrete, 465
 carretera, 382
 carrizo, 122
 carro, 2801
 - anfibio, 636
 - de batalla, 636
 - de combate, 636*, 2867
 - minador, 515
 carrocería, 352
 carst, 1798
 carstificación, 1180
 carta de navegación, 638, 1942, 2682
 carta hidrográfica, 638
 carta marina, 638*, 2224
 carta náutica, 638
 cárter, 360
 cartilago, 279, 280, 906, 1657, 2215, 2350
 - articular, 278
 - de sepia, 940
 - tiroides, 1004
 cartografía, 640*, 1468, 1834, 1942
 - celeste, 642*
 - estelar, 322
 - geológica, 1940
 - temática, 640
 cartucho, 1420
 - de tinta, 2532
 carvalho, 526
 caserna, 132, 181, 1003, 2484, 2639
 casete, 344, 820, 1320, 1913
 - de vídeo, 3278
 Casiopea, 324
 casiterita, 1220, 2125
 casquete glaciario, 1500, 1504, 1622, 1798, 1958, 2438
 casquete polar, 82, 738
 cassava, 494
 castaño, 526
 castillo (de buque), 546
 castor, 220, 1257, 2422, 2430
 castoreo, 2430
 catabolismo, 498, 2058
 catalasa, 655
 catalaje, 325, 466
 catálisis y catalizadores, 644*
 catalizador, 182, 297, 354, 1170, 1264, 1451, 1906, 1981, 2053, 2255, 2344, 2374, 2381, 2384, 2479, 2522, 2527, 2707, 2716
 - bimetálico, 645
 - de contacto, 644
 - heterogéneo, 644
 - homogéneo, 644
 catamarán, 1112, 1591
 catapulta, 293, 614, 1589
 catarata, 2782
 cateco, 1301
 catenaria, 1843, 1862
 catéter, 629, 2030, 2686
 cateterismo cardíaco, 629
 cation, 468, 1090, 1342, 1763, 2470
 cátodo, 171, 172, 714, 1016, 1090, 1098, 1763, 1846, 1906, 1764, 2372, 2479, 2480
 Catostomus commersonii, 36
 Catus, 3245
 caucasioide, 1632
 caucho, 1076
 Cauchy, condición de, 952, 2274
 Cavendish, 1404
 cavidad amniótica, 1108, 1114, 1928
 cavidad celomática, 1114
 cavidad de resonancia, 2102
 cavidad nasal, 2354
 cavidad orofaríngea, 2214
 cavidad pélvica renal, 2778
 cavidad uterina, 788
 cavitación, 1558, 1586, 1591
 Caytonia sewardi, 1787
 caza (avión), 390, 516, 646
 caza (de animales), 226
 cazabombardero, 390, 414, 646*, 2213
 - V/STOL, 3249
 cazatorpedero, 549, 633
 cebada (*Hordeum murinum*), 676, 686, 860
 cebo, 2452
 - a percusión, 1420
 - artificial, 2452
 - eléctrico, 1285
 - hemorrágico, 1714
 cebra, 221, 556
 - de montaña, 225
 ceca, 2160
 cedro, 524
 - cubano, 1544
 cefacetrile, 231
 cefaclor, 231
 cefadroxil, 231
 cefalea, 189, 1774, 2040, 3080
 - de tensión, 1774
 - en acúmulo, 1775
 - en racimo, 1775
 - hemicránea, 189
 - muscular, 1774
 cefalexina, 231
 cefalina, 1851
 cefalocordado, 841, 1753
 cefalofo, 223
 cefalópodo, 1752, 1860, 2158, 2342
 cefalosporina, 231, 232
 cefalotina, 231
 cefalotórax, 284
 cefamandol, 231
 cefapirina, 231
 cefatricina, 231
 Cefeidas, 1252, 1258
 cefsulodin, 231
 celacanto, 2418
 celda electrolítica, 171, 172, 740
 celda electrónica, 1102
 celenterado, 979
 celentéreo, 217, 484, 1276, 1750, 2240, 2491, 2566
 celenterón, 1750
 celesta, 1731
 celestina, 2070, 2125
 celofán, 148
 celoma, 1750
 célula, 78, 180, 479, 650*, 890, 966, 1114, 1270, 1392, 1465, 1574, 1576, 1584, 1762, 1811, 1898, 1990, 2002, 2058, 2148, 2476, 2598, 2758
 - acústica, 2040
 - alfa, 2398
 - animal, 2004
 - animal, estructura de, 497
 - beta, 1089, 2398
 - binucleada, 891
 - cambial, 1900
 - cardíaca, 838
 - ciliada, 341, 819
 - cortical, 247
 - de combustible, 475
 - de Kerr, 656*, 2310
 - de Kupffer, 1602
 - de la teca, 1123
 - de Purkinje, 685
 - de Schwann, 1189, 2237
 - delta, 2399
 - diploide, 1830
 - ecuarionte, 1458
 - en clava, 1509
 - epitelial, 654, 844, 1123, 1526, 1709, 2050
 - estomática, 246
 - eucariota, 216, 2003
 - fotoeléctrica, 599, 658*, 714, 757, 813, 820, 882, 1017, 1207, 1386, 1388, 2929, 3014
 - fotovoltáica, 1133, 1136, 1153, 1391, 2869
 - germinal, 1658
 - glandular, 1746
 - glial, 681
 - haploide, 1298, 1830
 - hepática, 1602
 - híbrida, 1700
 - huésped, 1526, 2405, 3304
 - huevo, 1658, 1702
 - intersticial, 1123, 3063
 - irreversible, 2480
 - lactífera, 1928
 - leñosa, 1900
 - marcapaso, 838
 - muscular, 1032
 - neoplásica, 230
 - nerviosa, 477, 2236
 - neurosecretora, 1615
 - olfativa, 2215
 - olfatoria, 2298
 - plasmática, 235, 1188, 1710
 - procariota, 2003
 - radical, 247
 - sanguínea, 722
 - secretora, 1123
 - sensorial, 2240
 - sexual, 908
 - solar, 658, 1100, 1153, 1343, 2400, 2987
 - somática, 891, 1458
 - totipotente, 2731
 - vegetal, 2004, 2366
 - zigótica, 891
 celulitis, 862
 celuloide, 148, 1009, 2516
 celulosa, 627, 780, 796, 1318, 1518, 1660, 1901, 2368, 2433, 2713
 cementita, 272
 cemento, 382, 604, 660*, 672, 703, 807, 1064, 1638, 1648, 2475
 - aluminoso, 660
 - blanco, 661
 - de cal grasa, 660
 - férrico, 661
 - gris, 661
 - Portland, 660, 2475
 - siderúrgico, 660
 - pasta de, 661
 - producción del, 661
 cenoléstidos, 1968
 Cenomanense, 1940
 Cenozoica, era, 600, 662*, 739, 872, 956, 978, 1787, 2057, 2440
 Centaurus, 805
 centeno (*Secale cereale*), 70, 676, 860
 centímetro, 2047
 central atómica, 819
 central de agua pesada, 668
 central de control de tráfico, 2130
 central de paneles solares, 1143
 central eléctrica, 619, 1139, 1142, 1440
 central eléctrica solar, 1153
 central geotérmica, 1137, 1145, 1149
 central hidroeléctrica, 1143, 1698
 central maremotriz, 1137, 1150, 1595, 1965
 central mareotérmica, 1136
 central nuclear, 664*, 819, 1135, 1141, 1142, 1317, 1426, 1917, 1979, 2703, 2770, 3199
 central reproductora, 779
 central térmica, 582, 1071, 1140, 2770
 central termoeléctrica, 1143
 centrifugación, 430, 1936, 2112
 centrifugadora, 190, 309, 670*, 1411, 2093
 - de probeta, 670
 - tubular, 670
 centríolo, 651, 890
 centro de alta presión, 1960
 centro de baja presión, 1960
 centro de Broca, 2355
 centro de gravedad, 438, 1222
 centro de lenguaje, 2354
 centro de proceso de datos, 1687
 centro germinativo, 457
 centro médico, 1651
 centrómero, 890
 Cephelosporium, 231
 cepilladora, 635
 cepillo, 635
 - eléctrico, 997
 cepo, 205, 3134
 cera, 10, 2484
 cerambicidos, 1718
 cerámica, 659, 672*, 853, 1190, 1578, 1648, 1726, 1854, 2074
 - blanca, 672
 - fabricación de, 672
 - tradicional, 672
 Cerastes ceraste, 958
 Cerastium latifolium, 1772
 Ceratitis capirata, 1720
 Ceratium, 141
 ceratósidos, 1014, 2393, 3086, 3176
 cercopiteco, 223
 cercha, 271, 3295
 cerda, ganado de, 674*
 cerdo hormiguero, 221, 1931
 cereal, 676*, 686, 1226, 1572, 1922, 2512
 - integral, 2414
 cerebelo, 255, 906, 1614
 cerebro, 128, 680*, 692, 906, 973, 1000, 1036, 1086, 1322, 1347, 1556, 1614, 1657, 1722, 1774, 1925, 1927, 1968, 2240, 2298, 2426, 2611
 - electrónico, 2338
 - humano, 1742
 cerebrón, 282
 cerebrósido, 1851
 cereza, 128
 cérido, 1851
 cerilla, 1364
 cerio, 1804, 1956
 cerita, 1804
 cermet, 2074
 cernícalo, 387
 cero absoluto, 874, 1328, 1444, 1917, 1995, 2193, 2944, 3021, 3042
 cerradura, 1892
 - de combinación, 562, 1893
 - de control, 564
 - de llave, 562
 - de seguridad, 377
 - electrónica, 562, 1893
 - magnética, 562
 - temporizada, 563
 - Yale, 562, 1893
 cerusita, 2125, 2530
 cerveza, 128, 686*, 1830, 2412
 - ale, 687
 - Guinness, 687
 - negra, 687
 - porter, 687
 - rubia (lager), 687
 cérvido, 1269
 Cesalpinia coriaria, 904
 casio, 1854, 1956, 2047, 2063, 2070, 2754
 cesio-137, 1896
 cestodos, 1548, 2408
 cetáceos, 688*, 934, 1966
 cetóico, 2061
 cetosis, 981
 cetona, 132
 cetosis diabética, 981
 cetrácosos, 894
 cian, 1379
 cianamida, 2156
 - cálcica, 568, 569
 cianita, 2075
 cianobacteria, 650, 2255
 cianoficea, 140, 2394
 cianofita, 138
 cianuración, 2522
 cianuro, 132, 1550
 - de oro, 2073
 - etílico, 2156
 cibernética, 151, 348, 692*, 1759, 2896
 cicadeas, 1787, 3175
 cicadinas, 1786
 cicatrización, 1708
 cicindela, 1718
 ciclamato, 178, 2044, 2806
 ciclo, 3148
 - alimenticio, 1897
 - cardíaco, 629
 - cromosómico, 890
 - de actividad mental, 500
 - de Calvín, 1393
 - de Davis, 1178
 - de Krebs, 1520, 2060
 - de la urea, 2060
 - de Otto, 2182, 2181
 - de reevaporación, 84
 - del agua, 1894
 - del carbono, 2645
 - del nitrógeno, 2253
 - del oxígeno, 2378
 - emocional, 500
 - físico, 500
 - fluvial, 2780
 - freático, 104
 - geoquímico, 1496
 - glacial-interglacial, 1501
 - hidrológico, 82, 83, 84, 2780
 - lunar nodal, 1473
 - petrogenético, 2790
 - precesional, 2498
 - reproductor, 1645
 cicloalcano, 1593
 cicloalqueno, 1593
 cicloexilamina, 178
 ciclohexano, 1231, 1597, 2467
 ciclohexanol, 1597
 cicloide, 919
 ciclotomotor, 2176
 ciclón, 2577, 3112
 - tropical, 694*
 - corte transversal de un, 694
 - formación de un, 695
 - nacimiento de un, 694
 - rastro de un, 695
 ciclosporina, 3166
 ciclostil, 1375
 ciclóstomos, 842, 2416
 ciclótrón, 14, 15, 16, 17, 1094, 1767, 1789
 cidra, 1404
 ciego, 284, 1004, 1746
 - gástrico, 285
 ciempiés, 132, 285
 ciencia, 1758
 - exacta, 256
 - física, 1699
 - meteorológica, 1961
 - química, 1699
 - y método científico, 696*
 ciervo, 220, 844
 - del Padre David, 226
 cifra, 150
 cigarra, 219
 cigarrillo, 2949
 cigarro puro, 2949
 cigoñal, 2729
 cigosporas, 2859
 cigoto, 788, 1298, 1898
 cigüeña, 227
 cigüeña, 350, 364, 378, 1950, 2176, 2180
 ciliado, 2602, 2730
 cilindría, 1220
 cilindro, 1951
 - céreo, 192
 - de automóvil, 350, 356, 368, 378
 - de exposición, 1186
 - de freno, 368
 - de motor, 186
 - de presión, 1666
 - de revolución, 917, 1359
 - de transferencia, 1666
 - granuloso, 192
 - impresor, 1666
 - marcador, 1666
 - portacauchó, 1666
 - portaplancha, 1666
 - urinario, 192
 cilindroeje, 1036
 cilio, 216, 434, 907, 1860, 2214, 2298

cimborrio, 534
 cimentación, 1065
 cimetidina, 3202
 cimientos, 700*
 cinabrio, 432, 2052
 cinc, 704*, 749, 1009, 1074, 1091, 1102, 1436, 2062, 2478, 2508, 2522
 cincado, 704, 1436
 cincel, 1356, 2069
 cincita, 704
 cinchona, 127, 188
Cinchona ledgeriana, 126
 cinemascopio, 707
 cinemática, 917, 1329, 2746
 cinematografía, 706*
 cinerama, 707
 cinescopio, 3016
 cinesis, 2356
 cinta magnética, 566, 707, 1024, 1320, 1372, 1913, 1949, 2095, 2987, 2316, 2328, 2340, 3278
 cinta magnetofónica, 345
 cinta perforada, 2312
 cinta sin fin, 708
 cinta transportadora, 708*, 1946, 2127, 2168
 cinta Velcro, 870
 cintura escapular, 384
 cinturón abdominal, 377
 cinturón de ozono, 2382
 cinturón de seguridad, 377
 cinturón de Van Allen, 330, 1920
 ciprea, 2158
 ciprés, 524
 ciprinodóntido, 123
 circarama, 706
 circón, 710, 2392
 circonio, 710*, 1804, 1906
 circuito analógico, 1031
 circuito biestable, 1333
 circuito bifásico, 1724
 circuito cerrado, 475
 circuito conductivo, 716
 circuito de control, 120, 3313
 circuito de encendido, 366
 circuito de memoria, 720
 circuito de protección, 120
 circuito de realimentación, 347
 circuito digital, 146, 715, 1873, 3312
 circuito eléctrico, 712*, 1221, 2364
 circuito electrónico, 714*, 716, 720, 1100, 1333
 circuito en paralelo, 713
 circuito en serie, 713
 circuito hidráulico, 368
 circuito impreso, 714, 716*, 718, 1100, 2109, 2131, 2752
 circuito inducido, 2192
 circuito inductor, 2192
 circuito integrado, 570, 715, 717, 718*, 720, 1100, 1119, 1790, 2066, 2130, 2206, 2311, 3153
 circuito lógico, 146, 720*, 1333, 2130
 circuito LC, 2362
 circuito monofásico, 1724
 circuito OR, 720
 circuito trifásico, 1724
 circuito VLSI, 2326
 circulatorio, sistema, 722*
 círculo meridiano, 3070
 círculo parélico, 1887
 circuncisión, 724*
 circunferencia, 256, 916
 cirneco, 2445
 cirrículo, 1547
 cirripodos, 894, 2408
 - pedunculado, 895
 - sésil, 895
 cirro, 328, 1174, 2080, 2088, 2249, 2258
 cirrocóridos, 1583
 cirrocúmulo, 2260
 cirroestrato, 2260
 cirrosis, 129, 1568, 1602
 - hepática, 128, 456, 1088

ciruela, 128
 cirugía, 610, 726*, 2028
 - cardíaca, 731
 - dermatológica, 730
 - digestiva, 730, 731
 - estética, 732
 - general, 731
 - maxilofacial, 731
 - microvascular, 732
 - nerviosa, 2099
 - ocular, 2099
 - ortopédica, 731
 - pediátrica, 731
 - plástica, 731, 732*, 2028, 2871
 - torácica, 731
 - vascular, 731
 cirujano, 726, 2038
 cisterna, 957, 1728
 cistídeos, 2343
 cistina, 181
 cistos, 2602
 cis-trans, 1231
Cistus, 124
 cisura calcarina, 680
 cisura central de Bichart, 681
 cisura colateral, 681
 cisura de Rolando, 680, 1345
 cisura de Silvio, 680, 1345
 cisura interhemisférica, 681
 cisura límbica, 680
 cisura pendicular interna, 680
 CIT (Convergencia Intertropical), 959
 citidilato, 2154
 citisina, 127
 citocinesis, 1640
 citocininas, 1640
 citocromo, 1275, 1394, 2373
 citólisis, 2367
 citología, 190, 477, 531, 1616
 - vaginal, 610, 1498
 citomegalovirus, 1576
 citometría por flujo, 1811
 citoplasma, 78, 180, 434, 653, 966, 1393, 1458, 1498, 1508, 1617, 1702, 2003, 2237, 2367
 citoquinina, 1641
 citosina, 486, 966, 2007, 2758
 citrato, 1520
 - sódico, 459
Citrobacter freundii, 2255
 citrocromo, 284
 citrol, 162
 citrulina, 2061
 cizallamiento, 270
 cladócero, 1050
 - marino, 895
Cladophora prolifera, 138
 claraboya, 809
 clarinete, 1732
 clasificación de cartas, máquina de, 734
 clasificación Linneana, 1570
 clasificación postal automática, 734*
 clastos, 2792
Claudium, 124
 claustrofobia, 2243
 clave, 250, 534
 - de fa, 1183
 - de sol, 1183
 - dicotómica, 531
 - genética, 1464, 2879
Clavelina lepadiformis, 840
 clavicémbalo, 1733, 1736
Claviceps purpurea, 2145
 clavicordio, 2472
Clemmys caspica leprosa, 123
 cleveita, 260
Clanthus tormosus, 958
 clima, 503, 736*, 739
 - árido, 3241
 - continental, 737
 - desértico, 737
 - ecuatorial, 737
 - húmedo, 3241
 - mediterráneo, 3241
 - monzónico, 737
 - oceánico, 737, 3241

- polar, 737
 - seco, 3241
 - tropical, 3241, 737
 climas del pasado, 738*
 climax, 1048
 climograma, 736
 clindamicina, 231
 clinker, 661
 clinocristolito, 286
 cliocinesis, 2357
 clipeo, 1716
 clipeo, 2219
 clismetro, 1490
 clítele, 1546
 clitoridectomía, 724
 clon celular, 234
 cloración, 1264, 1702, 2414
 cloral, 133
 cloramfénico, 231
 cloramfenicol, 231, 233, 3080
 clorato, 740
 - de potasa, 1380
 - de sodio, 475
 - potásico, 1406
 clordano, 930
 cloro, 35, 37, 66, 540, 740*, 748, 963, 965, 1396, 1542, 1552, 1599, 1766, 1981, 2414, 2466, 2508
 clorofila, 246, 471, 742*, 751, 770, 965, 1355, 1394, 1518, 1620, 1886, 1906, 2003, 2058, 2113, 2379, 2491, 2507, 2994
 - a, 884
 - b, 884
 - tipos de, 742
 clorofita, 138
 clorofluocarburo, 67 ??
 cloroformo, 206
 clorohidroxiactato de aluminio, 965
 clorometano, 2082
 cloroplasto, 246, 496, 654, 742, 1392, 1620, 2003, 2058, 2379, 2758, 3277
 cloroquina, 1925
 clorosis, 2508
 clortetraciclina, 231
 cloruro, 2062
 - de aluminio, 170
 - de amoníaco, 184
 - de amonio, 2480
 - de calcio, 568
 - de cianina, 2485
 - de cinc, 705, 2480
 - de etilo, 1264
 - de litio, 1855
 - de magnesio, 1906
 - de mercurio, 2073
 - de oro, 2073
 - de polivinilo, 744*, 1024, 1264, 1593, 2344, 2401
 - de potasio, 2470
 - de sodio, 740, 881, 2808
 - de trimetilamonio, 178
 - de vinilo, 744, 1265, 2467
 - mercurio, 2053
 - mercurioso, 2470
 - potásico, 1311
Closterium, 141
 clostridio, 434
Clostridium botulinum, 435, 803, 2906, 3127
Clostridium pectinorum, 1210
Clostridium sporogenes, 436
Clostridium tetani, 3064
 cloxacilina, 231
 CMT (inmunidad mediada por células), 1708
 cnidario, 1750
 cnidocisto, 1750
 coacervados, 3276, 3979
 coagulación, 95, 1566
 coalescencia, 1937, 2248
 cobalamina, 2344
 cobalto, 746*, 1104, 1443, 2062, 2074, 2344, 2381
 - radiactivo, 747
 coballa, 227
 Cobol, 2105, 2320, 2334
 coboldos, 746
 cobre, 102, 170, 172, 704,

748*, 940, 1009, 1010, 1074, 1102, 1190, 1220, 1436, 1455, 1801, 1843, 2062, 2508
 - nativo, 749
 coca (embarcación), 551
 cocaína, 126, 127, 281, 458, 1236
 cociente de inteligencia, 752*
 cocina a gas, 754
 cocina eléctrica, 755
 cocina y horno, 754*
 cocker, 2442
 cóclea, 340, 2729
 cocodrillidos, 2762
 cocodrilo, 226, 1267, 3261
 cocolitofóridos, 2491
 cocos, 434
 coche bomba-escalera, 1670
 coche-tanque, 1670
 cochinilla, 285, 772, 1714
 codaste, 3083
 codeína, 126, 127, 189, 206, 458
 codex, 1836, 2432
 códice, 2432
 - genético, 3275
 - medieval, 1120
 codificador, 571
 - numérico de sonido, 735
 código alfanumérico, 735
 código ASCII, 1668
 código binario, 1688, 2316, 2321, 2326
 código clave, 878
 código de barras, 756*
 código de máquina, 2326
 código de operaciones, 2320
 código EPSIDIC, 1668
 código genético, 136, 968, 1117
 código Morse, 2313, 3003, 3013
 código Murray, 3012
 código numérico, 735
 codium, 141, 2507
 codón, 488, 968, 1464, 2210, 2878
Coecilia, 842
 coeficiente intelectual, 2938
Coelophysis, 1012, 2057
 coelosaurios, 2393
 coenzima, 1170, 2002, 2060, 2373
Coffea arabica, 126, 560
Coffea canephora, 561
Coffea congensis, 561
Coffea eugenioides, 561
Coffea liberica, 126, 561
Coffea racemosa, 561
Coffea zanguebariae, 561
 cohete, 293, 673, 892, 1068, 1225, 1284, 1407, 1690, 2134, 2690, 2900
 - de control, 293
 - de señal, 1406
 - espacial, 758*, 1525
 - sonda, 2920
 - vector, 1406
 cojinete, 762*
 - automático, 763
 - de empuje axial, 763
 - de gas, 763
 - de rodadura, 762
 - deslizante, 762
 - mixto, 763
 - oscilante, 763
 - radial, 763
 cok, 272
 col de Bruselas, 77
 col forrajera, 2512
 col rizada, 77
cola acuminata (cola), 126
 cola animal, 50
 cola (de cometa), 782
 cola de Kamm, 378
 cola de milano, 634
 cola hidrófoba, 975
 cola natural, 50
 cola (pegamento), 705
 colada, 2562
 - continua, 1416, 2076
 - de lava, 1797, 2055

- de piroclastos, 3321
 - de barr, 850
 colágeno, 2350, 2432, 3250
 colchicina, 189
 colchón de aire, 1654, 3139
 colecalciferol, 152
 colector, 1073, 2189
 - de aspiración, 357
 - del panel solar, 2401
 - solar, 1136, 1152
 colédoco, 1602
 colénquimas, 2986
 coleóptero, 117, 285, 930, 1716
 cólera, 764*, 1155, 1606, 3234
 colesterol, 130, 131, 766*, 859, 1678, 1851, 1937
 colibrí, 223, 385, 1582
 coliflor, 77
 colina, 2170
 - morrénica, 1796
 colirio, 522
 colisión nuclear, 2700
 colmena, 10, 12, 2112
 colofonia, 1901, 3054
 coloide, 66, 1125, 1457, 1990, 3088
 colon, 456, 907, 1004, 1603, 1746
 - transverso, 1238
 colonia, 219, 2430
 colonoscopia, 1127
 color, 768*, 910, 1884, 3310
 - pastel, 771
 - primario, 768, 1186, 1379, 1665, 2543
 - saturado, 771
 coloración críptica, 2118
 coloración de Gram, 436
 coloración de Papanicolaou, 606
 coloración vital, 1617
 colorante, 162, 432, 645, 705, 741, 751, 772*, 941, 1190, 1301, 1303, 1365, 1592, 1966
 - adjetivo, 772
 - al azufre, 2485
 - azoico, 773, 2485
 - ácido, 772, 2485
 - básico, 772, 2485
 - de desarrollo, 773
 - disperso, 2485
 - natural, 772
 - reactivo, 772, 2485
 - sintético, 772
 - sustantivo, 772, 2485
 colorimetría, 770
 colposcopia, 833, 1498, 1499
 colúbridos, 2762
 columbita, 2327
 columna de destilación, 970
 columna de Dufton, 971
 columna de fraccionamiento, 1451
 collie, 2444
 coma diabético, 981
 combinación, 774
 - lineal, 1199
 combinatoria, 774*, 1760, 2586
 combustible, 665, 1950
 - fósil, 492, 743, 1071, 1136, 1140, 1369, 1592, 1594
 - nuclear, 778*, 2768, 3108
 - sintético, 1594
 - sólido, 2137
 combustión, 493, 780*, 2058, 2180, 2372
 - del metano, 781
 - espontánea, 781
 comensalismo, 219, 484, 502, 2408
 cometa, 325, 642, 782*, 2370, 2498, 2895
 - Arend-Roland, 784
 - Biela, 784
 - de Bennett, 784
 - Halley, 782, 2285
 - Ikeya-Seki, 324
 - Kohoutek, 784, 3272
 - Mrkos, 784
 compact disc, 1022
 compás, 1581

- de variación, 544
- comportamiento, 243
- agresivo, 1899
- neurótico, 2242
- territorial, 1269
- compresibilidad, 790
- compresión, 270, 1075, 1639, 3292
- compresor, 32, 378, 410, 577, 1974
- axial, 410
- centrífugo, 410
- de aire, 1324
- de dos estadios, 787
- de émbolo, 786
- de flujo axial, 787
- de gas, 786*
- rotativo, 786
- comprimido, 1291
- Compsognathus*, 1012
- compuesto alifático, 208, 2650
- compuesto aromático, 208, 209, 1300, 2650
- compuesto diazótico, 773
- compuesto heterocíclico, 2650
- compuesto insaturado, 2650
- compuesto mercúrico, 2053
- compuesto nitrogenado, 179
- compuesto orgánico, 626, 2649
- compuesto orgánico sulfatado, 626
- compuesto químico, 2645
- compuesto saturado, 2650
- compuestos covalentes, 1167
- compuestos iónicos, 1167
- computadora, 213, 215, 344, 349, 392, 692, 879, 1240, 1690, 2482
- digital, 1006
- comunicación, 1269, 1684
- animal, 1824
- vía satélite, 3017
- Cona crestato*, 387
- concepción, 788*
- concoide de Nicomedes, 919
- condensación, 79, 84, 592, 790*, 970, 1894, 1999, 2246, 2256
- estelar, 1240
- condensador, 366, 713, 714, 716, 791, 1080, 1119, 2724
- cerámico, 793
- de fuga, 1935
- de reflexión, 2606
- de refracción, 2606
- electrolítico, 792
- fijo, 793
- variable, 793
- condensador y resistencia, 792*
- condicionamiento, 2719
- operante, 243
- condilartros, 663
- cóndilos articulares, 2351
- cóndor de California, 224
- condrictios, 842, 2393, 3066
- condrito, 1939
- condrosarcoma, 607
- conducción, 576, 3039
- térmica, 584, 1341
- conductillo biliar, 1602
- conductividad, 712, 1081
- eléctrica, 105, 749, 1762, 2066
- térmica, 585, 2074
- conducto alveolar, 1511, 2620
- conducto anular, 1174
- conducto arterial de Botallo, 843
- conducto cístico, 1602
- conducto colédoco, 1746
- conducto de Havers, 1656
- conducto de Muller, 1466
- conducto de Volkmann, 1656
- conducto de Wirsung, 1005
- conducto de Wolff, 1466
- conducto excretor, 1510
- conducto glactóforo, 1510
- conducto hepático, 1602
- conducto hialoides, 2292
- conducto lagrimal, 1828
- conducto linfático, 2398
- conducto lobulillar, 1510
- conducto pétreo, 1174
- conductor, 644, 792, 1070, 1094, 1099, 1342
- dieléctrico, 1081
- eléctrico, 712, 748, 3098
- conejo, 218, 1269
- silvestre, 2805
- confección textil, 796*
- confinamiento inercial, 1425
- confinamiento magnético, 1425
- congelación, 164, 2248
- congelador de armario, 1401
- congelador de pozo, 1401
- conglomerado, 382, 2794
- bituminoso, 382
- congoide, 1632
- congruencia, 2729, 3032
- Coniaciense, 1940
- conidios, 2145
- conidiosporangios, 2144
- conífera, 524, 1900
- Coniferae*, 529
- conífera, 127
- conjugación, 2758, 2859
- conjuntiva, 2292
- conjunto, 262, 774, 798
- abierto, 825, 952, 1196
- bien ordenado, 2741
- borroso, 2307
- cerrado, 825, 1197
- cociente, 2274, 2739
- equipotente, 2272
- finito, 800, 826, 2275, 2741
- infinito, 800, 826, 1683, 2275
- isomorfo, 2275
- natural, 2741
- no vacío, 1262
- numerable, 800
- numérico, 2273
- ordenado, 1262, 27240
- semejante, 2740
- unitario, 798
- vacío, 798
- conjuntos, teoría de, 262, 798*
- conmutación digital, 3002
- cono, 2293, 3009
- circular, 1358
- de cinder, 3320
- de Mach, 3331
- de semisombra, 1046
- de sombra, 1046
- conodontos, 2390
- conservación de carne y pescado, 165
- conservación de la fruta, 165
- conservación de la verdura, 164
- conservación de productos lácteos, 165
- conservante, 162, 941, 1301, 1966, 2906
- para la madera, 705
- conservas domésticas, 802*
- constantán, 3045
- constante de Euler, 2852
- constante de Euler Mascheroni, 2852
- constante de Hubble, 3215
- constante de Planck, 2020, 3025
- constelación, 642, 804*, 2498
- de Hércules, 784
- de la Ballena, 1254
- de la Serpiente, 1248
- de Monoceros, 1259
- de Orión, 805, 2232
- de Perseo, 1248, 2084
- de Sagitario, 915
- de Tauro, 912
- del Cisne, 1249, 2232, 2674
- del León, 915
- del Serpentario, 1249
- del Sextante, 915
- construcción, materiales de, 806*
- construcción, prefabricados, 808*
- contabilidad, 810, 1982
- financiera, 810
- fiscal, 810
- industrial, 810
- informatizada, 810
- mecanizada, 810*
- nacional, 810
- presupuestaria, 810
- previsual, 810
- social, 810
- contacto, 366
- magnético, 1934
- contador Coulter, 190
- contador de centelleo, 812*, 1363, 1388, 1765, 2244, 2630
- contador de partículas, 1355
- contador de programa, 2316, 2338
- contador Geiger, 269, 592, 812, 814*, 924, 1764, 1789, 2126, 2661
- contador Geiger-Müller, 260, 814, 1449
- contaminación, 816*, 932, 1071, 1701, 2044, 2685, 2766, 2770, 3256
- acústica, 819
- atmosférica, 353, 819, 2527
- del agua, 86
- orgánica, 818
- química, 819
- radiactiva, 819, 1896
- térmica, 819
- contaminante, 503, 1138, 2503
- contenedor, 264, 553, 2200, 2619, 3158
- contestador automático, 820*
- contestador telefónico, 820
- continente, 822*, 1856, 1957, 2171
- de Angara, 2394
- de Gondwana, 2394
- continuidad, 824*, 837
- continuo, 1683
- de Peano, 827
- matemático, 826*
- contrabajo, 1732
- contracción del espacio, 2745
- contracción gravitacional, 1240
- contracción muscular, 2208
- contracción uterina, 2410
- contracepción, 833, 1498
- contraceptivo hormonal, 833
- contrachapado, 1042, 2139
- contrafuerte, 271, 534
- contraíón, 1763
- contrapeso, 288, 3094
- contrapunta, 3117
- contraste de hipótesis, 828*
- control de calidad, 830*
- control de natalidad, 832*
- control de proceso industrial, 834*
- control de variable, 831
- control del ciclo productivo, 348
- control estadístico, 830
- control numérico, 347
- convección, 576, 670, 584, 3039
- térmica, 1476
- convergencia, 836*
- cuadrática, 2853
- puntual, 2853
- uniforme, 2853
- convertidor digital-analógico, 1031
- convertidor Bessemer, 1646
- convertidor catalítico, 354, 645
- convertidor de par, 3154
- convertiplano, 1563
- coordenada cartesiana, 1480
- coordenada curvilínea, 1480
- coordenada polar, 1480
- coordenada rectilínea, 1480
- coordenada tricromática, 771
- coordinatoria, 774
- copal, 2484
- copelación, 2522
- copépodos, 39, 138, 484, 895, 1050, 1691
- copiadora inteligente, 1685
- copo de nieve, 2248
- copolímero, 744, 2551, 2555
- coprino entintado, 2856
- coprolito, 1367
- cópula, 1298
- copulación, 773
- copulador de color, 1379
- coque, 617, 1440, 1646, 2127
- metalúrgico, 2076
- coquería, 618
- coquización, 1440
- coral, 274, 623, 1048, 1960
- rojo, 482
- coralarios, 2342
- corazón, 722, 838*, 907, 973, 1000, 1084, 1345, 1512, 1678, 1962, 2208, 2578, 3165
- artificial, 1754, 2348
- funcionamiento del, 722
- sistema circulatorio del, 628
- corbeta, 547
- corcho, 110
- cordados, 216, 840*, 1753, 1928, 3259
- cordaites, 2441, 2504
- cordillera, 2170
- cordón litoral, 122
- cordón umbilical, 1115, 1659, 2410
- corimbo, 1352, 2415
- corindón, 882, 1456, 2123, 2714
- corión, 844, 1115
- cormofita, 138, 2504
- cormorán de las Galápagos, 224
- cornamenta, 844*
- cornea, 1828, 2292, 3165, 3309
- corneja, 2273
- cenicienta, 387
- comete, 343
- inferior, 2214
- medio, 2214
- superior, 2214
- cornetilla, 343
- cornezuelo del centeno, 678
- corno inglés, 1732
- coroides, 2292
- corola, 1350, 2505
- corona, 1164, 1431
- boreal (constelación), 303
- dentada, 360
- exterior, 1045
- interna, 1045
- radiata, 788
- solar, 1919, 2890, 2912, 3025
- corotón, 1669
- corpúsculo de Krause, 2954
- corpúsculo de Malpighi, 456
- corpúsculo de Meissner, 2954
- corpúsculo de Pacini, 2476, 2954
- corpúsculo de Ruffini, 2954
- corpúsculo genital, 2954
- corredera, 900
- correo electrónico, 1685
- correo neumático, 3184
- correspondencia, 2735
- biunívoca, 800
- o relación, 1412
- corriente alterna, 228, 505, 559, 713, 1016, 1081, 1096, 1142, 1184, 1911, 2188, 2189, 3148
- corriente circumpolar antártica, 847
- corriente continua, 168, 505, 713, 1016, 1081, 1082, 1090, 1096, 1142, 1185, 2188
- corriente de Agulhas, 848
- corriente de Alaska, 847
- corriente de Australia, 848
- corriente de Benguela, 847
- corriente de Brasil, 848
- corriente de California, 848
- corriente de convección, 882, 921, 1495
- corriente de Cromwell, 849
- corriente de El Niño, 848
- corriente de Groenlandia, 847
- corriente de Guinea, 847
- corriente de Humboldt, 848
- corriente de Japón, 848
- corriente de Kuroshio, 848
- corriente de la India, 847
- corriente de las islas Canarias, 847
- corriente de Noruega, 847
- corriente de Oyashio, 848
- corriente de turbidez, 1959
- corriente del Golfo, 847
- corriente del Labrador, 847
- corriente del Perú, 848
- corriente eléctrica, 168, 336, 1082, 1090, 1094, 1102, 1142, 1724, 2188, 2480, 3098
- corriente en chorro, 3291
- corriente geostrofica, 849
- corriente inducida, 505, 1142
- corriente marina, 846*, 1150, 1181, 2224, 2287
- corriente oceánica, 1961, 2450
- corriente subsuperficial, 846
- corriente superficial, 846
- corriente térmica, 2496
- corrientes del Atlántico, 847
- corrientes del Pacífico, 847
- corrimiento de tierra, 850*
- corrimiento hacia el rojo (espectro), 3214
- corrosión, 762, 780, 852*, 1220, 1266, 1437, 1878, 1993, 2251, 2296
- alveolar, 853
- atmosférica, 852
- electrolítica, 853
- electroquímica, 852
- intersticial, 853
- líquida, 852
- por abrasión, 853
- por oxidación, 853
- por stress, 853
- corteza, 246, 2268, 2424
- cerebral, 682, 1036, 1086, 2581
- continental, 854
- oceánica, 856
- suprarrenal, 973, 1513
- terrestre, 854*, 1106, 1148, 1471, 1494, 1704
- corticoide, 1644, 2162
- corticosteroides, 858
- corticosterona, 858
- cortilosaurios, 2394
- cortisol, 858, 1513
- cortisona, 281, 858*, 1644, 2028
- cortocircuito, 713, 1725
- córvido, 216
- corvus, 216
- Corynebacterium diphtheriae*, 1000
- Coryphodon*, 663
- Corythosaurus*, 1013
- cosecante, 1869, 3180
- cosechadora, 860*, 1952, 1955
- de cereales, 76
- coseno, 3180
- hiperbólico, 1868
- cosetas, 430
- Cosmarium*, 141
- cosmético, 862*, 2485
- cosmología, 864*, 1328, 1682, 3216
- cosmonauta, 306
- cosmoquímica, 1497
- cospeles, 2161
- costa, 868*
- arenosa, 2529
- de depósito, 868

- erosiva, **868**
 - primaria, **868**
 - rocosa, **868**
 - secundaria, **868**
 costilla, **906**
 - de avión, **398**
 cota, **3102**
 - inferior, **2740**
 - superior, **2740**
 cotangente, **1869, 3180**
 cotiledón, **529, 2505, 2848**
 cotorra de Carolina, **227**
 couscous, **677**
 covalente, **2375**
 Cox's Orange, **1403**
 coyote, **1226**
 coyuntura, **278**
 CPM (método del camino crítico), **2449**
 CPU (unidad central de proceso), **2206, 2335, 2340**
 cracking catalítico, **644, 787, 2716, 2468**
 cracking térmico, **2716**
 cráneo, **681, 906, 1086, 1614, 1656, 3260**
 craneoplastia, **1709**
 craneoquín, **446**
 craqueo catalítico, **1451**
 craqueo térmico, **1451, 2468**
 Crassostrea, **37**
 - virginica, **227**
 cráter, **2055**
 - de Eratóstenes, **1475**
 - de Schmidt, **1475**
 - lunar, **327**
 cratones, **2980**
 creatina, **480, 2399**
 creatinfosfoquinasa, **1032**
 crecimiento, **1508**
 crema, **1936**
 cremallera, **363, 870***
 - de gancho, **870**
 - de plástico, **870**
 - invisible, **870**
 creodontos, **663, 1452**
 creosota, **1901**
 Crepidula fornicata, **227**
 cresol, **965, 1300**
 cresta mitocondrial, **653**
 creta, **661, 872**
 Cretácico, período, **218, 600, 662, 872*, 978, 1786, 2056, 2389, 3086**
 crin, **556, 2139**
 - de caballo, **1732**
 crinoideos, **483, 978, 1173, 1786, 2057, 2342, 2395**
 criodecapado, **1617**
 criofractura, **481**
 criogenia, **261, 874*, 1328**
 criolita, **171, 1091**
 crioscopio, **3239**
 criostato, **876**
 crioterapia, **2031**
 crioturbación, **2439**
 criptografía, **878***
 criptograma, **878, 1571**
 criptón (Kr), **260, 337, 1348, 1448, 1812, 1956**
 crisálida, **1643**
 crisis de la energía, **1134, 1152**
 crisoberilio, **2125**
 crisol, **2076**
 crisolito, **286**
 cristal, **806, 1340, 1363, 1748, 1990**
 - de colesterol, **766**
 - de hielo, **1895**
 - iónico, **1342, 1763**
 - líquido, **1386, 2752**
 - metálico, **1342**
 - molecular, **1342**
 - y cristalografía, **880***
 cristalino, **2106, 2292, 3309**
 cristalización, **882, 2074, 2389**
 cristalografía, **1342, 1474, 2694**
 cristaloscopia, **880**
 cristianía, **1214**
 crocidolita, **286**
 crol, **2217**

croma, **771**
 cromado, **853, 889, 1091, 1437**
 cromaticidad, **770**
 cromátida, **890**
 cromátide, **655**
 cromatina, **890, 1924**
 cromato básico de plomo, **889**
 cromato de plata, **888, 889**
 cromato de potasio, **889**
 cromatóforo, **2118**
 cromatografía, **496, 884*, 886, 1029**
 - de gases, **886*, 1449, 1790**
 - de presión, **886**
 - en capa fina, **885**
 - en papel, **884**
 - líquida, **885, 886**
 cromatógrafo de gases, **202, 887**
 cromatograma, **834, 885, 886**
 cromatología, **1755**
 crominancia, **3016**
 cromita, **889**
 cromo, **134, 173, 606, 711, 853, 1091, 1106, 1363, 1437, 1810, 2062, 2075, 2484, 3336**
 - y molibdeno, **888***
 cromófono, **1886**
 cromóforos, **772**
 cromoplasto, **655**
 cromosfera, **1045, 2890, 2912**
 cromosoma, **486, 654, 890*, 1114, 1156, 1270, 1465, 1458, 1574, 1584, 1658, 1681, 1755, 1811, 1830, 1926, 2003, 2042, 2210, 2610**
 - politémico, **891**
 - sexual, **891**
 - X, **1157, 1566**
 cronología absoluta, **268**
 cronología comparada, **268**
 cronología relativa, **268**
 cronómetro radiactivo, **896**
 crosotengios, **2394, 2417**
 cross bars, **938**
 crótalo, **2763**
 Crotalus, **958**
 Croton sonderianus, **495**
 crónica, **2434**
 crucero, **549, 892***
 - de ataque, **893**
 - de escolta, **892**
 - portahelicópteros, **892**
 - todo-puente, **549**
 cruceta, **1780**
 crustáceo, **36, 37, 217, 282, 285, 623, 894*, 1716, 1752, 1860, 2450**
 - copépodo, **2490**
 - Cyclops, **2408**
 - notostráceo, **895**
 cruz del sur, **1434, 2232**
 cryptomonas, **141**
 cienóforos, **217, 1750, 2491**
 cuadernas, **2141, 2219**
 cuadrante, **1229**
 Cuadrántidas, **2085**
 cuadratura, **1052**
 - del círculo, **256**
 cuadrillo (saeta), **446**
 cuajada, **1936, 2639**
 cuajar, **538, 2368**
 cuajo, **2638, 2641**
 cuanto, **910, 1390, 1808, 2020, 3024**
 - de energía, **338, 479, 2847**
 cuarcita, **1940, 2343**
 cuarentena, **1606**
 cuartiles, **1219**
 cuarzo, **672, 1456, 1496, 1801, 2752, 3287**
 - fundido, **1009**
 cuasiorden, **2738**
 Cuaternario, período, **600, 662, 738, 872, 896*, 978, 1501, 1622, 1751, 1798, 2392, 2438, 2440, 2525**
 cuaternio, **2275**

cuba electrolítica, **1090**
 cubierta termostata, **1794**
 cubierta de hangar, **2558**
 cubierta de vuelo, **2558**
 cúbito, **281, 1657**
 cubreobjetos, **2018**
 cuco, **388, 1269**
 cuchilla, **1953**
 cuchillo, **271**
 cuello uterino, **832, 1498**
 cuenca fluvial, **2780**
 cuenca oceánica, **1957**
 cuentakilómetros y velocímetro, **900***
 cuerda, **1730**
 - dorsal, **3259**
 - vocal, **2354**
 cuerno, **844**
 - de animal, **1730**
 cuero, **2422**
 - artificial, **588**
 - curtido, **588**
 - repujado, **1120**
 - y curtido, **902***
 cuerpo, **1199**
 - algebraico, **1262**
 - amarillo, **2410**
 - calloso, **1614**
 - celeste, **2278**
 - cetónico, **981**
 - coloreado, **890**
 - cósmico, **2548**
 - de bomberos, **1670**
 - elástico, **1991**
 - fluorescente, **1884**
 - humano, **906***
 - lúteo, **1123, 1511, 1645, 2051**
 - mamilar, **681, 1614**
 - negro, **910***
 - ordenado, **1533**
 - transparente, **1884**
 - vítreo, **2292, 3309**
 cuervo, **386**
 culata, **1420**
 cuidoscopio, **1127**
 culebrina, **546**
 Culex, **1716**
 culombio, **792, 1034, 1079**
 cultivo, **764**
 - acuático, **36**
 - asfixiante, **1573**
 - bajo plástico, **72**
 - básico, **68**
 - de arroz, **276**
 - de bacteria, **1936**
 - de remolacha, **71**
 - de rotación, **1823**
 - de tejido, **1617**
 - del mejillón, **36**
 - en estratos, **72**
 - en picón, **72**
 - forzado, **1748**
 - genipónico, **1599**
 - hidropónico, **72, 2688, 2729**
 - in vitro, **1617**
 - itinerante, **68**
 cultura, **1632**
 cumbre dolomítica, **1493**
 cumeno, **1301, 2467**
 cúmulo, **328, 1895, 2497**
 - abierto, **912, 1431**
 - castellanus, **2258**
 - congestus, **2258**
 - estelar, **912*, 983, 2280**
 - galáctico, **912, 2635**
 - globular, **914, 1431, 2019**
 - globular M 15, **915**
 - humilis, **2258**
 cumulonimbo, **328, 1894, 2243, 2261, 2696, 3110**
 cuna (del cañón), **615**
 cuña, **1215**
 CUP (Código Universal de Producto), **756**
 cuprita, **748**
 cuproníquel, **2161**
 cúpula, **271**
 - autoportante, **534**
 - geodésica, **271, 536**
 curare, **127**
 curarina, **126**

cúrcuma, **772**
 cureña, **446**
 curio, **1106, 1348, 3163**
 curruca capirota, **2115**
 curruca mosquitera, **2358**
 cursor, **2590**
 curtido, **889, 2422**
 - al aceite, **904**
 - al cromo, **904**
 - de la piel, **2432**
 - mineral, **904**
 - vegetal, **904**
 curva alabeada, **916, 1484**
 curva de estado, **3239**
 curva de Gauss, **775**
 curva de nivel, **1833, 3102**
 curva de Peano, **827**
 curva evolutiva del hombre, **1062**
 curva maestra, **3102**
 curva sin longitud, **918**
 curva y superficie, **916***
 curvatura geodésica, **1485**
 cuscuto, **2510**
 cutícula, **282, 895, 1620, 2424**
 Cutleria, **141**
 cyan, **769**
 Cyanophyceae o cyanobacteria (alga verde-azul), **528**
 Cycadaceae, **872**
 Cycadeoidea, **2056**
 Cycadinae, **529**
 Cycas, **2507**
 Cynognathus, **3050**
 Cyperus, **124**
 Cypridina holgendorffii, **490**
 Cyprina islandica, **898**
 Cyprinus, **37**
 - carpio, **36**
 Cypris, **2080**
 Cystoseira, **139**
 Cyttaria darwinii, **2857**

CH

chacal, **2442**
 chamomilla, **1635**
 champú, **862, 1768**
 chancro sífilítico, **1162**
 chapeado, **1042, 2139**
 Chaph, **324**
 Chara, **125, 141, 1392**
 charrán ártico, **389, 2116**
 Chedir, **324**
 cheir, **726**
 chernozem, **2942**
 chihuahua, **2444**
 chimenea, **920***
 - de aireación, **1729**
 - prefabricada, **920**
 chimpancé, **223, 227, 240, 1269, 1280, 1630**
 chin, **2035**
 chinchilla, **225, 2422**
 China clipper, **551**
 chip, **570, 717, 718, 720, 882, 1018, 1101, 1320, 1342, 2104, 2313, 2316, 2326, 2340, 2846, 2869, 3153**
 Chlamydomonas, **139, 1392**
 Chlamydosaurus kingii, **958**
 choco, **922**
 chocolate, **922***
 - de cobertura, **923**
 - de molde, **923**
 chochaperdiz, **385**
 chochines, **387**
 Chondrus, **140**
 - crispus, **36**
 chow-chow, **2444**
 chroma, **884**
 chumbera, **2689**
 chuño, **164**

dacrón, **938, 2348**
 dáctilo ramoso, **2513**
 daguerrotipo, **1376**
 dalmata, **2444**
 daltonismo, **770**
 damán, **1931**
 dammar, **2484**
 Danaus plexippus, **1550**
 danza de la abeja, **2356**
 Dapedium, **2393**
 Daphnia, **895, 2758**
 darsena artificial, **2200**
 dasiciadáceas, **2342**
 dasiúridos, **1968**
 dasiuro oriental, **1968**
 Dasyurus quoll, **1968**
 datación, **268**
 - absoluta, **1623**
 - de fósil, **1766**
 - de roca, **1766**
 - de vestigios, **924**
 - por carbono radiactivo, **1501**
 - por carbono 14, **924*, 2392**
 - radiométrica, **1941**
 datavisión, **3005**
 datos, base de, **926***
 datos, procesamiento de, **928***
 Datum, **641**
 DDT, **819, 1571, 1713, 1925**
 - y otros plaguicidas, **930***
 decano, **1592, 2466**
 decantador primario, **90**
 - circular, **90**
 decantador rectangular, **90**
 decantador secundario, **90**
 decapado, **1191, 1417, 2069**
 decápodo braquiuro, **895**
 decápodo macruro, **895**
 decibelio, **45, 341, 819, 2354**
 deciles, **1219**
 decisión bayesiana, **3031**
 decisión estadística, **3030**
 decisión intermedia, **3030**
 decisión terminal, **3030**
 declinación, **322, 1908**
 - magnética, **2386**
 decodificador, **571, 2^ah338, 3004**
 decoleta, **408**
 defensa celular, **1710**
 defensa civil, **2726**
 deferente (esfera), **322**
 deflación, **1181**
 deflagración, **1284**
 deflector, **2284**
 - de llama, **2691**
 deflexión, **2749, 3182**
 defoliantes, **932*, 1712**
 deforestación, **851, 2378**
 Deimos, **1970**
 Deinonychus, **1013**
 delco, **355**
 Delesserites, **2342**
 delfín, **689, 934*, 1269, 1928**
 - común, **937**
 - de agua fría, **937**
 - de pico largo, **1930**
 - mular (Tursiops truncatus), **691, 936**
 - rodante, **937**
 - vigia, **937**
 delfínidos, **689**
 delgas, **2189**
 delirio, **206**
 Delphinidae, **934**
 Delphinus delphis, **937**
 delta, **82, 2529, 2782**
 - ala, **938***
 - de los ríos, **868**
 Delta Acuándos, **2085**
 Delta de Cefeo, **1252**
 Delta Ursae Majoris, **805**
 Deltas de Dirac, **1462**

- demencia, 153, 2240
demodulación, 1315
demodulador, 715
demografía, 1218
- y espacio agrario, 72
demosponjas, 1752
dendrita, 2236
dendrocronología, 268, 1623
Deneb, 1249
densidad, 782, 790, 1991, 2046, 2268
- máxima del agua, 79
densitómetro, 1089
densosporites, 623
dentado, 1399
dentalio, 2158
dentrífico, 940*, 997
dentina, 994
depilación enzimática, 903
depilación química, 903
deporte, 1176, 2217
deportador, 216, 1721, 2118
depresión, 2203, 2577
- de la menopausia, 944
- medular, 206
- nerviosa, 942*
- *postpartum*, 944
- profunda, 942
depuradora de aguas residuales, 88, 373
deriva continental, 822, 946*, 1469, 1492, 2288, 2342
deriva dorsal, 401
deriva fija, 3327
deriva genética, 222
deriva litoral, 122
deriva occidental, 847
deriva polar, 2976
deriva vertical, 401, 420
derivabilidad, 824
derivada, 194, 195, 197, 837, 1739
- continua, 2308
- enésima, 952
- parcial, 952
- segunda, 196, 950
- tercera, 196
- y diferencial, 950*
dermatitis, 153
- de contacto, 137
- purulenta, 1158
dermatoesqueleto, 979
dermatología, 2028
dermatoma, 732
dermis, 902, 908, 965, 2424, 2476, 2636
dermópteros, 1930
desagüe, 1728
desalinización, 954*
desarenado, 88
desarrollo de Fourier, 1740
desarrollo de Mercator, 1867
desarrollo directo, 1174
desarrollo en serie, 1870
desarrollo indirecto, 1174
desarrollo plano, 258
desbaste, 88
desbotonado, 2948
descalcificador, 1818
descomponedor, 218, 503
descompresión, 2932
descifrado, 878
desdentado, 663, 1930
desección, 903
deseccante, 932
desengrasado, 88
desensiladora, 2872
desertización, 956*, 3256
desfibrado, 1608
desfibrilización eléctrica, 2709
desgaste, 2798
desgranado, 148
deshidratación, 764, 1848
deshidrogenación, 644
desierto, 958*, 1226, 3245
- continental, 959
- costero, 959
- de abrigo, 960
- de piedemonte, 958
- tropical, 958
desigualdad, 2738
- de Cauchy, 1193
desinfección, 95, 962, 1158
desinfectante, 740, 962*
desinhibición, 2718
desinsectación, 1158
deslizamiento, 278, 1181
- gravitatorio, 850
desmielinización, 1188
desminado, 515
desmoche, 2948
desmodontidos, 663
desmoldeado, 1417
desmosoma, 654
Desmostylus, 663
desmotado, 148
desnatadora, 1411
desodorante, 862, 964*
desoxicortisol, 859
desoxigenación, 86, 87
desoxirribonucleico y ribonucleico, ácidos, 966*
desoxirribosa, 966, 2006
despolarización, 1036
desprendimiento, 1181
- tipos de, 850
desratización, 1158
destilación, 128, 790, 970*, 1029, 1594, 2464, 2466
- a vapor, 1290
- del gas natural, 261
- discontinua, 970
- en seco, 971
- fraccionada, 1451, 970, 2253, 2376, 2716
- instantánea, 954
- múltiple, 970
- seca, 2083
- simple, 970
destilado, 970
destilador solar, 954
destrina, 2113
destripamiento, 1417
desviación típica, 1219, 1234, 2205, 2589
detector de bobina, 2066
detector de centelleo, 812
detector de mentiras, 972*
detector industrial, 834
detector NUSEX, 1339
detergente, 432, 819, 862, 974*, 1265, 1301, 1840, 2469
- iónico, 975
- no-iónico, 975
- sintético, 975, 1768
determinante, 976*
detonación, 1284
detonador, 514, 632, 1285, 2121
- de impacto, 633
detritívoro, 2291
deuterio, 15, 100, 101, 265, 1132, 1137, 1423, 1596, 1855, 2457
deuteromiceto (hongo imperfecto), 529
deuterones, 1348
deutrón, 15
Devónico, período, 600, 622, 872, 978*, 1751, 2394, 2504
dexoxirribosa, 486
dextrano, 431, 2347
dextrina, 1406, 1519, 1831, 2396
- lactosa, 1291
d-glucosa, 1518
día solar medio, 3069
diabetes, 980*, 2808
- insípida, 980
- mellitus, 980, 1154, 2398
diablillo de Maxwell, 1169
diablo de Tasmania, 1929
diacnasa, 700, 1535
diafasis femoral, 2350
diafisaria, 1656
diafisis, 1657
diafragma (anatomía), 456, 907, 1238, 1602, 1928, 2620, 2622, 2774
diafragma, (anticonceptivo), 832
diafragma (cámara fotográfica), 1386
diafragma, (órgano artificial), 2349
diagnóstico, 190, 1036, 1754, 2026, 2203
- por simpatía, 2034
- resultados del, 193
diagonal, 1214
- de Cantor, 826
- principal, 976
diagrama biorrímico, 500
diagrama de fase, 2078
diagrama de flujo, 2333
diagrama de Feynman, 1336
diagrama de Gantt, 2449
diagrama de Hertzprung-Russell, 305, 914, 982, 982*, 1252, 1434
diagrama de polvo, 1341
diagrama de presión, 44
diagrama de Venn, 146, 799, 1873
diagrama del biorritmo, 501
diagrama Pert, 2449
diagramas polínicos, 266
dialecto, 1825, 2354
dialipétala, 531, 1351
diálisis, 474, 984*
- máquina para la, 984
- peritoneal, 985
diamagnetismo, 1341, 1909
diamante, 624, 880, 986*, 1009, 1104, 1456, 2122, 2651, 2721
- industrial, 987
- negro, 986
- sintético, 986
diámetro, 256
diamina, 179
diapasón, 44, 2015
- de Hubble, 1435
diapositiva, 1794, 1837
- en color, 1379
diapoteca, 463
diarrea, 153, 1159
diartrosis, 1780
diascopio, 344, 344
diastasa, 2113
diástole, 723, 839, 1084, 2348, 2578
diastrofismo, 1495
diatomeas, 141, 480, 2376, 2490, 2507
diatoma, 2795
Diatrífina, 663
diazonio, 2485
diazotación, 773
dibromuro de etileno, 541
dibujo, 988*
- animado, 210
- técnico, 992*
Dicentrarchus labrax (lubina), 37
dicloro-difenil-tricloroetano, 930
dicloroetano, 1230, 1264
dicotiledónea, 2508
dicromato de potasio, 889
didélfidos, 1969
Didelphys marsupialis, 1969
diedro, 2546
dieltrin, 930
dieléctrico, 714, 793
diencéfalo, 680, 1122, 1556
diente, 994, 1676
- de león, 932
- permanente, 994
- temporal, 994
dientes, higiene y cuidado, 994*
dieta, 1556
- del futuro, 161
- mixta, 160
difeomorfismo, 3106
diferencia de potencial, 792
diferencia entre una ecuación y una identidad, 1057
diferencia finita, 1058
diferencia parcial, 1058
diferencia simétrica, 800
diferenciación, 1114
diferencial, 194, 195, 1780
- autoblocante, 360, 376
difracción, 998*, 2305
difteria, 1000*, 1158, 2420, 3234
difusor, 410, 1072
digestión, 1002*, 1238, 1556, 1602, 1746, 2238
- anaerobia, 494
- de la grasa, 1853
digestivo, aparato, 1004*
digestor, 472, 494
digital, 1288
digitalico, medicamento, 631
Digitalis purpurea, 1288
digitalización, 1006*
digitalizador, 2330
dihidroxicolessterol, 859
dik-dik, 844
dilatación térmica, 1008*
dilatación de la pupila, 127
dilución, 87
diluresis, 128
dimetilcetona, 133
dimetrodon, 2440
dimorfismo sexual, 1564
din, 1378
dina, 452
dinámica, 1222, 1329, 2014, 2746
- de fluidos, 1326
- de placas, 2566
dinamita, 514, 1284, 2557
- goma, 1284
dinamo, 366, 1081, 1095, 1308, 1863
dinamómetro, 438, 1075, 1471, 1996
dinero, 1010*
- común, 1011
- disponible, 1011
- efectivo, 1011
- papel, 1011
- signo, 1011
dingo, 2444
Dinichthys, 978, 2417
dinitrobenzeno, 209
Dinobryum, 141
Dinocerados, 663
dinodos, 813, 1389
dinoflagelado, 2490
Dinomis robustus, 2389
Dinophyceae (dinoflagelado), 528
dinosaurio, 224, 254, 542, 623, 662, 873, 1012*, 1369, 1786, 1928, 2056, 2388, 2762, 2930, 3086, 3176
Dinotéridos, 1272
Dinotherium, 1272
dintel, 271
diodo, 716, 719, 714, 1016*, 1020, 1098, 1316, 1343, 3152
- de cristal, 1018
- de emisión luminosa o LED, 1018*, 1020, 2754
- de estado sólido, 1017
- de unión, 3152
- láser, 1020*
- luminiscente, 1018
- luminoso, 1794
- semiconductor, 1017, 1018
dioptra, 2789
dióxido, 2374
- de azufre, 819, 2374, 2471
- de carbono, 67, 178, 207, 246, 269, 332, 354, 458, 472, 475, 601, 627, 645, 742, 780, 924, 1070, 1180, 1441, 1442, 1445, 1598, 1670, 1981, 2396, 2470, 2774, 3255
- de nitrógeno, 2253, 2374
- de silicio, 2375
- de titanio, 432, 2374
dioxina, 816
dipéptido, 2598
diplococo, 434
Diplodocus, 542, 1012, 1786, 2760, 2931
- *longus*, 280
Diplopodos, 285
Diplovertebron, 2395
Dipnoos, 966, 1276, 2418
Dipodomys deserti, 959
dipolo eléctrico, 1763
Diprodontos, 663
díptero, 284, 1716
diptrio, 2302
diquat, 933
dique, 2573
- de carena, 2200
- flotante, 2201
- marítimo, 868
- rompeolas, 2617
- seco, 2201
dirección, 351
directriz, 1360
dirigible, 1597
- flotante, 1516
- rígido, 1516
- semirígido, 1516
disacárido, 430, 1519, 1523
disámara, 1403
disco, 166, 167, 168, 368, 1778
- compacto, 1022*, 1913
- de cera, 1022
- de Nipkow, 3014
- digital de audio, 1022
- fijo, 1320
- flexible, 1320
- fonográfico, 1023*
- intervertebral, 279, 281
- magnético, 1320, 1820, 2316, 2326, 2328, 2340
discontinuidad de Mohorovičić, 822, 854, 3318
discretización, 574
discriminador, 2667
disección, 478
disentería, 1727
- bacilar, 1158
- amebiana, 1158, 2605
diseño, 989
- automático, 2325
- con ordenador, 1026*
- ejecutivo, 408
disgregación, 1180
dislocación, 278
- marginal, 1995
dismenorrea, 2051
disnea, 2041
disobuteno, 1451
disociación del agua, 27
disolución isotónica, 2367
disolvente, 133, 941, 1028*, 1265, 1303, 1397, 1841, 2484
- de Stoddard, 2469
- extractivo, 1029
- para uso repetido, 1029
- volátil, 1028
displasia, 1498
dispositivo analógico, 1030*
dispositivo antideslumbrante, 376
dispositivo barométrico, 512
dispositivo de aviso, 120
dispositivo de Cavendish, 1525
dispositivo de seguridad, 376
dispositivo intrauterino, DIU, 832
disprosio, 1805
disruptor, 3325
distancia, 837, 1199
- focal, 594, 1826, 3008
Distephanus, 141
distomatosis pulmonar, 1160
distomo hepático, 2409
distribución, 366
- asintótica, 2204
- espectral, 910
- probabilística, 828, 2204
distribuidor, 366
distrofia de Becker, 1033
distrofia de Duchenne, 1032*
- progresiva, 1033
distrofia nutricional, 183
disulfirán, 1237
disyunción, 1872
disyuntor, 713
- eléctrico, 1034*
- térmico, 1034
divinidad, 1682
divisibilidad, 3032

división binaria, 2758
división de Cassini, 2827
divisoria de aguas, 2780
divodotirosina, 1124
DNOC (herbicida), 1573
doberman, 2443
doble enlace (química), 1231, 1264, 2083
dodó, 227
doilina, 1798
Doliólidos, 841
dolomía, 612, 624, 1940, 2388
dolomita, 568, 1647, 1906, 2070, 3072795
dolor, 1036*, 1774
- conciencia del, 188
- fisiológico periférico, 188
- heterotópico, 1037
- indirecto, 1774
- patológico central, 188
- reflejo, 1774
domesticación, 3341
dominio, 1910
- alpino, 526
- atlántico-europeo, 526
- bentónico, 482
- de la función, 1412
- magnético, 1601
- pelágico, 483
- submediterráneo, 525
dopado, 882, 3152
dopaje, 1100, 1343
dopamina, 1236, 3250
dopante, 2846
Doppler, 427, 1066
doradilla, 2507
dorocidaris, 1174
Doronicum clusii, 1773
dorsal centro oceánica, 1856, 1959, 3321
dorsal Juan de Fuca, 2387
dorsal medio-atlántica, 1938
dorsal medio-oceánica, 856
dorsal oceánica, 948, 2288
dorsal submarina, 1957, 3057
Dorudontidae, 934
douppion, 2833
dovela, 251
doxepina, 944
doxiciclina, 231
dracma, 1010
dracónidos, 2085
dracunculosis, 1160
draga, 484, 1038*, 2129
- de cuchara, 1038
- de pala, 1038
- de rosario, 1038
- de succión, 1038
dragado, 1959
dragaminas, 549, 2121
Dragón, constelación del, 324
dragón volador, 223
Dragon Well, 2912
dragona, 249
draisina, 464
drakar (embarcación), 551
drenaje, 1040*
- agrícola, 1040
- de carreteras, 1040
- de casa y calle, 1041
- de la carretera, 382
drenes, 1040
Drepanaspis, 2393
Drepanophycus, 2874
droga, 1604
Dromiceius novaehollandiae, 959
Drosophila melanogaster, 1465, 2145, 2210
drupa, 1402
Dryopithecus, 240, 241, 1281
Dryopteris filix-mas, 1773
DSCS (Defense Satellite Communications System), 2992
dualidad, 2594
Dubhe, 324
dúctil, 1600
Dugastella valentina, 123
dulcámara, 1635
dulce, 1551
dulcina, 2806

duna, 1179, 2529
duodeno, 1003, 1005, 1123, 1238, 1603, 1746
duodeno-fibroscopio, 1127
duplexor, 2654
duplicación, 1375
duralinox, 173
duraluminio, 172
duramadre, 684
duramen, 1900
Dynastes hercules, 1716

E

EADI (Horizonte Artificial), 424
EAN (Sistema Europeo de Numeración de los Artículos), 757
Earl Grey Tea, 2973
ebanistería, 1042*, 2139
ébano, 1544
ebullición, 79, 1999, 3239
ebulloscopio, 3239
ecdisona, 1640
eclipse, 322, 1044*, 2498, 2749
- anular, 1046
- de sombra, 1047
- lunar, 1044, 1883
- solar, 1044, 3070
eclíptica, 322, 323, 2234
eclogita, 2791
ecocardiografía, 629, 2030
ecogoniómetro, 549
ecografía, 1498, 3205
Ecología, 240, 477, 818, 1048*, 1345, 3240
- humana, 1049
- marina, 2287
Econometría, 1982
Economía, 1699, 1758
- matemática, 1984
ecosistema, 218, 502, 524, 818, 1048, 1150
- estable, 1048
- natural, 68
- truncado, 68
ecosonda, 554, 638, 2451
ecotomografía, 2030
ectodermo, 1114, 1123, 1750
ectoparásito, 2408
ecuación, 142, 572, 1530
- algebraica, 574, 2274
- característica, 1059
- completa, 1052
- cuadrática, 1481
- cuasilineal, 1053
- de Bessel, 1054
- de Einstein, 1916
- de Frenet-Serret, 1484
- de Maxwell, 559
- de recurrencia, 1058
- de segundo grado, 1358
- de un plano, 1482
- de una recta, 1481
- del tiempo, 2756
- diferencial, 194, 572, 1052*, 1057, 1058, 1414, 1740, 1983, 2142, 2308
- diofántica, 263, 1057
- e identidad, 1056*
- en diferencia finita, 1058*
- en forma normal, 1058
- explícita, 953
- funcional, 574, 1052, 1057, 1059, 1196, 1415
- homogénea, 1059
- indeterminada, 142
- integral, 197, 1055, 1415
- integral lineal, 1061
- lineal, 574, 1053
- lineal homogénea, 1052
- lineal vectorial, 1061

- lineal, sistema de, 977
- matemática, 916
- no lineal, 1053
- numérica, 262
- paramétrica, 916, 953, 1484
- química, 2705
- trascendente, 574
- vectorial, 1061, 1481, 1484
- y sistema lineal, 1060*
ecuador, 328, 1468, 1942
- galáctico, 322
ecualizador, 1735
echidna, 663
Echimus esculentus, 1117
echinospira, 231
edad adulta, 1062*
edad de Hubble, 914
Edad de los Metales, 899
Edad de Piedra, 748, 1630, 2126
edad del acero, 1578
Edad del Bronce, 272, 1220, 1578, 2062
Edad del Cobre, 1578
Edad del Hierro, 272, 1578, 2062
edad del hombre, 896
Edad Media, 1836
edad mental, 752
edafología, 71
Edaphosaurus, 2440, 3050
edema, 136
- cerebral, 2040
edificios, construcción de, 1064*
editorial, 2434
EDO (ecuación diferencial ordinaria), 1053
EDP (ecuación diferencial en derivadas parciales), 1053
educación sanitaria, 2044
edulcorante, 941, 1966
efecto Coanda, 1332
efecto de Coriolis, 846, 1957, 3290
efecto Doppler, 47, 866, 914, 1066*, 1257, 1838, 2231, 2235, 2310, 2654, 2926, 3214, 3225
efecto Doppler-Fizeau, 1066
efecto Edison, 1763
efecto electroóptico, 1341
efecto estereoscópico, 466, 1260
efecto fotoeléctrico, 658, 910, 1388, 1763, 1888, 2695, 2751, 3026
efecto giroscópico, 443
efecto honda, 317, 1068*
efecto invernadero, 1070*, 1132, 2400, 3256
efecto Josephson, 3208
efecto Joule, 3149
efecto Meissner, 2945
efecto piezoeléctrico, 1119, 2096, 2363, 3095
efecto Peltier, 3044
efecto Pich, 2515
efecto Seebeck, 3044
efecto túnel, 3209
efecto Thomson, 3045
efecto Venturi, 356, 1072*
efectos especiales, 214
efedrina, 126, 127, 1236
efímera, 218, 2080
einsteinio, 1106, 3163
eje de abscisas, 1480
eje de ordenadas, 1480
eje de transmisión, 1780
eje focal, 1359
eje ortonormal, 1741
eje óptico, 1826
eje pedalier, 465
eje polar, 3010
eje portatélite, 360
elaboración biológica, 2766
elaboración en caliente (metalurgia), 2078
elaboración en frío, 2078
eland, 844
Elaphosaurus, 2057

Elaphus davidianus, 226
elápidos, 2762
elasticidad y deformación, 1074*
elastina, 3250
elastómero, 1076*
- silicónico, 1077
elastómetro, 626
elatéridos, 1716
Elberta, 1403
electricidad, 1078*, 1092, 1135, 1142, 1724, 2096
- estática, 1078, 1374
- instrumentos de medida, 1082*
electroanalítica, 1102
electrocardiografía, 1084*, 2030
electrocardiógrafo, 629, 1084, 2365
electrocardiograma (ECG), 468, 629, 839, 1084, 1109
electrocoagulación, 730
electrochoque, 2243
electrodeposición, 1102
electrodialisis, 955
electrodializador, 955
electrodinámica cuántica, 1331
electrodo, 19, 741, 972, 1016, 1084, 1090, 1098, 1119, 1436, 1647, 1764, 1800, 1846, 1916, 2479, 2480
electrodoméstico, 294, 1191, 2139, 2188
electroencefalografía, 1086*
electroencefalógrafo, 1086, 2733
electroencefalograma, 468, 1086
electrofisiología, 630
electroforesis, 240, 359, 496, 1088*, 1089, 1102, 1465, 1698
- de zona, 1088
electroformación, 1102
electroimán, 504, 1034, 1081, 1095, 1184, 1808, 1911, 1915, 1949
electrolisis, 101, 170, 171, 741, 749, 889, 941, 1090*, 1102, 1762, 1855, 1906, 2523, 2646, 2376, 2707
electrolito, 1090, 1436, 1846, 2479, 2480
electromagnetismo, 603, 1092*, 1329, 1408, 2742
electrómetro capilar, 1084
electrómetro de Lindemann, 1764
electrón, 15, 16, 18, 19, 100, 106, 168, 171, 236, 336, 460, 504, 590, 603, 650, 712, 715, 718, 792, 813, 814, 924, 1016, 1078, 1090, 1092, 1098, 1106, 1167, 1330, 1334, 1340, 1348, 1354, 1362, 1408, 1424, 1436, 1448, 1593, 1596, 1724, 1762, 1764, 1800, 1804, 1812, 1846, 1854, 1886, 1906, 1910, 1915, 1918, 1978, 1995, 1990, 2001, 2004, 2021, 2070, 2102, 2110, 2130, 2146, 2233, 2244, 2252, 2262, 2364, 2372, 2374, 2456, 2478, 2630, 2673, 2686, 2751, 2754, 3024
- de alta energía, 2693
- de valencia, 1166, 1854, 2063, 2146, 2629, 2705, 2952
- diferenciador, 2250
- nivel de, 338, 1362, 1864
- nivel estacionario, 3026
- nivel fundamental de, 338
- secundario, 2109
electronegatividad, 1553, 2953
electrónica, 1098*, 1628, 1790, 2087, 2104, 2130, 2224

electronvoltio, 15, 16, 337, 1762
Electrophorus electricus, 470
electroquímica, 1102*
electroshock, 942, 2611
electrosincrotrón, 460
electrostática, 2148
electrovalencia, 1167
elefante, 219, 226, 1048, 1272
- africano, 221
elefantiasis, 1161
elemento, 798, 1494, 1990, 2950
- biófilo, 1496
- calcófilo, 1496
- comparable, 2740
- de accionamiento, 346
- de control, 346
- de decisión, 346
- de funcionamiento, 346
- de programación, 347
- de transición, 2250
- litófilo, 1496
- meteorológico, 736
- neutro, 143, 1262, 1530, 1262
- permutable, 144
- químico, 1552, 2644
- regular, 1531
- sensor, 346
- siderófilo, 1496
- simétrico, 1262, 1530
elementos de transición, 3226, 3336
elementos químicos, 1104*
elementos transuránicos, 1106, 2952, 2768, 3223
Elephas antiquus, 898
Elephas meridionalis, 898
Elephas primigenius, 898, 1503, 1624
elicidad, 2244
elictitas, 1535
elipse, 257, 317, 916, 1358, 1473
elipsoide, 1361, 1468, 1472
elipticidad, 298
elitros, 117, 285, 1860
elodea, 1392
embarazo, 1108*, 1498, 1510, 2410, 2421
embarcación de pesca, 2452
embarcación deportiva, 1110*
embocadura, 1732
embolia, 2040
- coronaria, 1678
émbolo, 186, 350, 354, 356, 368, 378, 1951, 2191
- bacteriano, 1158
embrague, 361
- de disco, 364
- disco del, 364
- pedal del, 364
embriaguez, 128
embriología, 476, 1278
embrión, 1299, 1565, 1658, 2505, 3036
- y embriología, 1114*
Embritópodos, 663
embudo de Emlen, 2115, 2358
emisión termoiónica, 1800
emisora de radio, 2678
emoliente, 862
empacadora, 1955
- de paja, 76
empaste, 2384
empirismo, 1985, 2034, 2272, 2427
empuje, 271
- inicial, 317
emú, 254, 2805
emulsión, 2523
- fotográfica, 598
- sensible, 1378
emulsionante, 1966
enana blanca (estrella), 107, 305, 983, 1243, 1247, 1254, 1258, 2000, 2278, 2626, 2692
enana negra (estrella), 2000
enana roja (estrella), 301, 983

- enanismo, 1644, 1926
 enantema, 2814
 enarenadora, 1946
 encalado, 903
 encefalitis, 1540, 2420, 2814
 encéfalo, 189, 255, 906, 1614, 2238
 - arterias del, 682
 encelado, 2829
 encendedor, 1118*
 encendido, 2185
 encepado, 701
 enceradora, 294
 encia, 1676
 encina, 524, 526
 encuadración, 1120*
 - fresada, 1121
 - rústica, 1121
 encuadre, 212
 encuesta de opinión, 2205
 endemismo, 123
 endocarditis, 1162
 endocarpo, 1402
 endocrino, sistema, 1122*
 endocrinología, 1123, 1640, 2028, 2029
 endocrinólogo, 2038
 endocutícula, 282
 endodermo, 1114, 1123, 1750
 endodancia, 996
 endoesqueleto, 2416
 endometrio, 789, 832, 1108, 1498, 1565, 1645, 2050
 endoparásito, 2408
 endoproctos, 2758
 endoscopia, 1126*, 1126, 1317, 2031
 endosperma, 2505, 2848
 endospermo, 677, 686
 endostio, 1657
 endotelio, 1678, 2578
Endothia parasitica, 2145
 endotoxina, 435, 1323, 3126
 endrina, 930
 endurecedor, 660
 energía, 1128*, 1168, 1884, 1988, 2746, 2750
 - acústica, 168, 169, 1912, 2096
 - ahorro de, 1134*
 - atómica, 1788
 - cinética, 236, 368, 586, 1128, 1224, 1240, 1444, 1951, 1995, 2015, 2100, 2102, 2180, 2189, 2294, 2366, 2643, 3042
 - de activación, 644, 2384
 - de enlace, 508, 778, 1423, 2262, 2702
 - de fisión, 2702
 - de ionización, 1391
 - de la marea, 1150
 - de la ola, 1150
 - de masa, 1976
 - de movimiento, 1128
 - de nivel, 3026
 - de retroceso, 1420
 - débil, 2266
 - eléctrica, 168, 294, 470, 664, 1129, 1842, 1846, 1914, 2096, 2188, 2478, 2575
 - eléctrica, producción, 1142*
 - electromagnética, 337
 - eólica, 1134, 1140, 1146*
 - estelar, 2751
 - fuentes de, 1136*
 - fuerte, 2266
 - geotérmica, 1134, 1139, 1148*, 1455, 3322
 - hidroeléctrica, 1132, 1140
 - luminica, 168
 - luminosa, 470, 1129, 1137, 1186
 - maremotriz, 1134, 1150*
 - marina, 1140
 - mecánica, 168, 169, 586, 1128, 1136, 2096, 2188
 - nuclear, 664, 759, 778, 892, 1129, 1139, 1140, 1142, 1914, 2262, 2462, 2937, 3223
 - nuclear, usos bélicos de, 509
 - potencial, 586, 1128, 2643
 - potencial elástica, 1128
 - potencial gravitatoria, 1128
 - principios de conservación, 586
 - química, 470, 743, 1129, 1137, 1846, 2058, 2478
 - radiante, 584, 2004, 2058, 2400, 2751
 - recursos mundiales, 1140*
 - solar, 471, 743, 1133, 1134, 1139, 1140, 1151, 1152*, 1766, 2400, 2504
 - térmica, 874, 1128, 1136, 1928, 2180, 2400
 enfermedad, 1154*, 1604, 1754, 2026, 2044
 - aguda, 1154
 - ambiental, 1154
 - autoinmune, 1710
 - autosómica, 1157
 - azul, 1926
 - benigna, 1154
 - biliar, 764
 - cardíaca, 1678
 - cardiovascular, 628
 - carencial, 152, 1154
 - contagiosa, 1154
 - crónica, 1154
 - de Addison, 1512
 - de Chagas, 1160
 - de Hodgkin, 611
 - de Pfeiffer, 2162
 - de Steinert, 1033
 - del beso, 2163
 - del quemado, 2636
 - del suero, 137
 - epidémica, 1606
 - fúngica, 233, 2414
 - hereditaria, 1156*
 - infecciosa, 1154, 1158*, 2029
 - laboral, 1154
 - maligna, 1154
 - mental, 2242
 - primaria, 1154
 - pulmonar, 2129
 - tifoidea, 741
 - tropical, 1160*
 - venérea, 1154, 1158, 1162*, 1576
 - viral, 3305
 enfermería, 2029
 enfoque (ocular), 466
 enfriamiento adiabático, 2247
 enfriamiento por compresión, 1400
 engranaje, 360, 1164*, 1666, 1878, 2801, 3154
 - conducido, 1164
 - conductor, 1164
 - cónico, 1164, 2190
 - de diente recto, 1164
 - de reducción, 2190
 - de tornillo sin fin, 363
 - helicoidal, 1164
 - planetario, 1164
 - satélite, 1164
 enjambre, 12
 enjuto, 2988
 enlace, 1592, 2252, 2456, 2645, 2952
 - bencénico, 1593
 - carbonohidrógeno, 644
 - covalente, 1106, 1167, 1171, 1449, 1458, 1597, 2146, 2153, 2485
 - de hidrógeno, 78, 79, 2153
 - doble, 2380, 2555
 - iónico, 1166, 1597, 2146, 2375
 - metálico, 1106
 - peptídico, 179, 180, 182, 1171, 2154
 - químico, 644, 1448
 - químico y valencia, 1166*
 enlucido, 807
 enlucido, 807
 ensamblajes, clases de, 634
 ensamble a cola de milano, 1042
 ensamble a espiga, 1043
 ensayo cualitativo, 199
 - de fatiga, 407
 - de tipo químico, 199
 - destructivo, 407
 ensenada, 1961
 ensilado, 2872
 entalpia, 3043
Entamoeba histolytica, 2605
 entapado, 1120, 1121
 enterocolitis, 2040
 enterotoxina, 764
 - B, 1543
Entomophora, 2144
 entroblastos, 2777
 entrocito, 2211
 entropía, 471, 693, 1131, 1168*, 1477, 1951, 2896, 3041
 - informativa, 1688
 envejecimiento artificial, 3169
 envés, 1620
 enzima, 132, 180, 182, 183, 435, 488, 496, 645, 655, 751, 833, 974, 1002, 1170*, 1231, 1290, 1302, 1465, 1523, 1640, 1831, 1850, 1933, 1992, 2002, 2058, 2112, 2252, 2378, 2399, 2425, 2600, 3274
 - CPK-MB, 1088
 - de restricción, 499, 1700
 - digestivo, 284, 1170, 1238
 - proteolítico, 1003
 enzimología, 496
 Eoceno, 1369, 1452, 1969, 2391, 662
Eohinnus, 556
Eohippus, 1278
 eolipila, 3040
 eparina, 1519
 epicarpo, 1402
 epicentro, 3058
 epicótilo, 2848
 epicutícula, 282
 epidemia, 1158, 1606, 1727, 1924, 2458, 2509, 3302
 epidemiología, 2044
 epidermis, 475, 903, 908, 1508, 1616, 1620, 1803, 1844, 2118, 2636, 2986
 epididimo, 1898
 episternón, 1718
 epísis, 1123, 1614, 1644, 1657
 epifitas, 2688
 epigino, 285
 epiglottis, 1004
 epilimnion, 1799
Epilobium, 2173
 epímero, 1718
 epinefrina, 1521
Epinephalus (mero o cherne), 37
 epipión, 1238
 epipodio, 285
 epistemología, 1985
 epitelio, 1746, 2636, 2986
 - bucal, 995
 - glandular, 1617
 - lingual, 1345
 epizootia, 3262
 Epsilon Ursae Majoris, 805
 epsomita, 1907
 equidna, 1929
 Equido, 556
 equilibrio dinámico, 375
 - ecológico, 1903
 - estado de, 1168
 - estático, 375, 1222
 - intermitente, 1272
 - isostático, 947
 Equinidos, 1786
 Equinodermos, 217, 978, 1172*, 1276, 1753, 2342
 Equinoideos, 1173
 Equinoides, 1117
 equipo estereofónico, 175
 esquema de un, 167
 equipolencia, 1056, 1198, 2738
 equipotencia, 2736
 - de conjunto, 800
Equisetales, 529
 equisetos, 622
 equivalencia, 2738
 - de aplicación, 2738
 - lógica, 1872
Equus, 556, 1278
 era atómica, 508
 - espacial, 120, 2282
 - glacial, 220, 241, 739, 1958
 - Mesozoica, 1786
 - postglacial, 738
 - Primaria, 2342
 - Secundaria, 255, 2395
 erbio, 1805
Erebia ligea, 220, 221
Erethizon (puercoespín americano), 220
 ergal, 2494
 ergastoplasma, 653, 1124
 ergio (unidad de energía), 586
 Ergonomía, 1176*
 ergonovina, 126, 127
 ergotina, 126
 erial, 956
 eritrocito, 486, 1602, 2812
 eritromicina, 231
 erizo, 2425
 - de mar, 482
 erosión, 524, 822, 956, 1178*, 1476, 1492, 1495, 2171, 2386, 2529, 2780, 2787, 2792, 3290
 - edáfica, 76
 - fluvial, 81
 - geológica, 503
 - inversa, 1534
 - marina, 81
 erupción pliniana, 3320
 erupción volcánica, 1856, 3319
Eryops, 2393, 2394
Erythroxylon coca (coca), 126
Erythura, 387
 ESA (Agencia Europea del Espacio), 3140
 escafandra, 482
 - autónoma, 267, 484
 escafópodo, 2395
 escala, 640
 - centígrada, 3021
 - cromática, 1183
 - Celsius, 874
 - de Beaufort, 2294, 3291
 - de inteligencia adulta de Wechsler, 752
 - de inteligencia de niños, 752
 - de intensidad sonora, 44
 - de Mohs, 1456
 - de Richter, 3059
 - de Weschsler, 3060
 - diatónica, 1183
 - Fahrenheit, 3021
 - Kelvin, 874, 3021
 - logarítmica, 1871
 - musical, 1182*
 - Mercalli, 3059
 - pentatónica, 1183
 - Rankine, 3021
 - termométrica, 3021
 - Vernier, 440
 escalar (número), 1198, 2008, 2275
 escalera mecánica, 709, 1184*
 escalímetro, 992
 escama, 254
 - de reptil, 385
 - dérmica, 2418
 escamoso, 842, 2761
 escandallo, 2120
 escandio, 1804, 1956
 escáner, 1186*, 1665, 1834, 1837, 2995
 - multiespectral, 1835
 escápula, 279, 1657
 escarabajo, 282
 - de Colorado, 930
 - de la patata, 2414
 - de los herbarios, 1571
 escarcha, 82
 escarida, 1772
 escariado, 1399
 escariadora, 1399, 2960
 escarlatina, 1158
 escayola, 1417
 esclidosáuridos, 2930
 esconografía, 212
Escherichia coli, 140, 435, 489, 532, 764, 1291, 1465, 1700
 escintigrafía, 610
 escintilación, 812
 escintilómetro, 3058
 esclerito, 1717
 esclerocios, 2145
 esclerosis múltiple, 1188*
 esclerótica, 1603, 1828, 2292, 3309
 esclusa, 604, 2200
 escofina, 635
 escolástica, 1872
 escolox, 1549, 2409
 escolopendras, 285
 escoplo, 635
 escorbuto, 153, 2027, 2414
 escoria, 272, 2076
 escorias Thomas, 1312
 escorpión, 284
 - de agua, 284
 escroto, 1466, 1898, 2041
 escuadra, 1581
 - en T, 992
 esculos, 842
 escudo, 822
 escutelo, 677, 1718
 escuto, 1718
 esencia de pino, 3055
 - pura, 2430
 esfenoides, 2214
 esfera, 1468
 - armilar, 2757
 - celeste, 319
 - estelar, 2498
 esferómetro, 2046
 esfigmómetro, 2578
 esfingomielina, 1851
 esfuerzo de compresión, 2612
 - de flexión, 270
 - de tracción, 2612
 esmaltado, 1190*
 esmalte, 672, 994, 1190
 esmegma, 724
 esmeralda, 889, 1826, 2122
 esmeril, 2714
 esófago, 907, 1002, 1004, 1556
Esox lucius, 36
 espacio abstracto, 1194, 1415, 1487
 - agrario, 68
 - agrario mundial, 69
 - de Banach, 1741
 - de Hilbert, 1193, 1195, 3107
 - de la geometría, 1192
 - de Peano, 827
 - de Riemann, 1193, 1488
 - euclídeo, 950, 977, 1056, 1192*, 1361, 1485, 1487
 - canónico, 1193
 - complejo, 1193
 - ordinario, 1194
 - fibrado, 1487
 - físico, 1192
 - funcional, 1263
 - geométrico, 1192
 - homeomorfo, 825
 - isomorfo, 1200
 - matemático, 1194*
 - métrico, 825, 837, 1195
 - y topológico, 1196*, 1262, 3104
 - muestral, 828, 2587
 - paramétrico, 828, 1235
 - portobiliar, 1603
 - proyectivo, 1201, 1483, 1488

- pseudoeuclideo, 1193
- puntual afín, 1200, 1483
- relativista, 106
- separado, 1197
- tangente, 1485
- topológico, 825, 837, 1262, 1533, 3104
- vectorial, 144, 195, 262, 977, 1061, 1192, 1194, 1196, 1263, 1358, 1483, 1533, 1739, 2008
- normado, 1195, 1196, 1200
- topológico, 1195, 1197, 1200
- y afín, 1198*
- esparceta, 2254, 2512
- espato de Islandia, 1231, 2125
- espátula, 635
- especiación, 1274, 2804
- especie, 240, 1270, 1298
- dioica, 1213
- hermana, 1275
- monoica, 1213, 1584
- espectro, 253, 1202*, 1206, 1208, 1884
- acústico, 1203
- continuo, 1202, 1209
- de absorción, 300, 1203, 1207, 1209, 1341
- de banda, 1203, 1363
- de difracción, 486
- de emisión, 300, 1203, 1206, 1209
- de rayas, 1202
- de reflexión, 1207
- del arco iris, 769
- electromagnético, 911, 1202, 1208, 1692
- estelar, 1204*
- mecánico, 1203
- solar, 300, 1885
- solar de Fraunhofer, 2912
- visible, 1838, 3026
- espectrofluorímetro, 1206
- espectrofotometría, 496
- espectrofotómetro, 770, 1206*, 1694, 2093, 2101
- de masas, 201
- esquema óptico de un, 203
- espectrógrafo, 2285
- Conde, 1205
- de masas, 1767, 2245, 2267
- de prisma, 1204
- espectroheliógrafo, 2280
- espectrometría de masas, 201
- espectrómetro, 202, 1202, 2093, 2284, 2584
- de masas, 202, 738
- espectroscopia, 982, 1208*, 2584
- atómica, 1203
- del barión, 1209
- del mesón, 1209
- estelar, 1257
- infrarroja, 1694
- nuclear, 1209
- óptica, 1203
- espectroscopio, 199, 200, 300, 1066, 1204, 1209, 1755, 1793, 2235, 2281, 2584
- de prisma, 1208
- de red, 1209
- espejismo, 1887, 2370, 2723
- espejo, 2721
- dielectrico, 1186
- magnético, 1425
- receptor, 3008
- espeleología, 1534
- esperanza matemática, 1219, 2309, 2589
- esperma, 1466, 1898
- espermateca, 1636
- espermatofoita, 529
- espermatoogénesis, 788
- espermatoogonias, 788
- espermatozoido, 788, 832, 1114, 1174, 1298, 1352, 1575, 1658, 1898
- espermicida, 832
- espesante, 162, 940, 1878
- espículas, 1044
- espiga, 1352
- espigón, 868
- espinefrina, 1236
- espinela, 1939, 2125
- espingarda, 546
- espinoso macho, 1267
- espiración, 2622, 2774
- espiráculos, 688
- espiral de Arquímedes, 3115
- de Ekman, 848
- logarítmica, 919
- espiramícin, 231
- espirilos, 434
- esplenectomía, 457
- esplenitis, 457
- esplenomegalia, 457
- espodumeno, 1854
- espolón, 546, 3118
- espongiarios, 1276
- espongina, 1752
- esponja, 482, 1750
- sílicea, 1786
- espora, 503, 978, 2002, 2491, 2506
- y esporogénesis, 1210*
- esporangio, 1212, 2144, 2506
- esporangióforo, 2144
- esporofito, 1212, 2507
- esporogénesis, 2759
- esporoquistes, 1925
- esporozoito, 1925
- esporozoos, 2602
- esporulación, 2858
- esqueje, 1772
- esqueleto, 906, 1656, 3259
- dérmico, 2394
- externo, 2351
- hidrostático, 1546
- interno, 1172, 2351
- neumático, 254
- esquemas de Merton, 696
- esquí, 1214*
- esquilado, 1803
- esquisto, 661
- azul, 2791
- bituminoso, 1141
- esquistosidad, 2790
- esquistosomiasis mansónica, 1160
- esquistosomiasis vesical, 1160
- esquizofrenia, 2031, 2243
- esquizonte, 1924
- estabilidad aerodinámica, 394
- estabilidad química, 2074
- estabilización del suelo, 382
- estabilizador, 400, 3324
- estabilizante, 162, 863
- estación ferroviaria, 1305
- orbital, 313, 2819, 2900
- receptora, 228
- termal, 99
- transmisora, 228
- estadística, 1216*, 1758, 1984, 2204, 2586
- aplicada, 1217
- de Bose-Einstein, 2022
- de Fermi-Dirac, 2022
- descriptiva, 1216, 1218*
- matemática, 1217
- teórica, 1217
- estado alotrópico, 432
- estado de coma, 2202
- estados de la materia, 2514
- estafilococos, 437, 1323, 2637, 3126
- estalcita, 568, 1536, 2071, 2470
- estalagmita, 1536, 2071, 2470
- estambre, 677, 1351, 2505
- estampa, 1417
- estampación en frío, 358
- estampado en caliente, 2068
- estannita, 134, 1220
- estañado, 1091
- estaño, 134, 261, 711, 748, 1220*, 1437, 2062
- blanco, 1220
- gris, 1220
- estárter, 356
- estática, 1222*, 1329, 2014
- estatocistos, 2159
- estator, 410, 1095, 1911, 2189, 2192, 2883
- estatorreactor, 412, 1224*
- estaurólita, 2125
- estayes, 2140
- estearato de sodio, 964
- esteático, 1937
- esteatita, 673
- esteatosis, 128, 129
- estegocéfalos, 2394, 3174
- estegosaurios, 542, 2057
- estegosaurio, 1786
- estellita, 3337
- estenosis, 724, 1927
- mitral, 2348
- estepa, 2564, 3245
- y tundra, 1226*
- éster, 131
- estereofonía, 167, 1022, 1228*
- estereograma, 771, 823, 857
- estereoisomería, 1230
- estereoquímica, 1230*
- estéridos, 1851
- esterificación, 1852
- esterilidad, 2505
- femenina, 1498
- esterilización, 833, 962, 1127, 1291, 1936, 2301, 2412
- esterilla, 2984
- esteriométrica (relación), 356
- esternitos ventrales, 282
- esternón, 116, 906, 1657
- esteroide, 137, 858
- suprarrenal, 1513
- esterol, 131, 1851
- estetoscopio, 1232*, 2027
- electrónico, 1233
- esteviosido, 2806
- estibeno, 2485
- estírcol, 472, 492, 1310
- estífmomanómetro, 2030
- estigma, 284, 677, 1299, 1351, 1637, 1717, 2505
- estilo (natación), 1299, 1351, 2505, 2757
- braza, 2217
- espalda, 2217
- mariposa, 2217
- estimación, 1234
- estadística, 1234*
- estimulador cardíaco, 631
- estimulante, 1236*
- respiratorio, 127
- estimulo condicionador, 2718
- condicionado, 243
- discriminativo, 243
- incondicionado, 243
- señal, 1267
- estiradora, 149
- estireno, 2467
- estivación, 1582, 2114, 3050
- estocástica, 2309
- estolón, 2414
- estoma, 246, 1312, 1620, 2144, 2509
- estómago, 1002, 1004, 1123, 1238*, 1556, 1603, 1746
- de la miel, 10, 2113
- de rumiante, 538
- estomatitis, 2040
- estornino, 1267
- estrategia militar, 1985
- estratificación, 2793
- estratigrafía, 266, 268, 269, 1476
- estrato, 2088, 2204
- arbustivo, 223
- de cobertura principal, 223
- de Henle, 2424
- de Huxley, 2424
- de las copas
- emergentes, 223
- estratocúmulo, 328, 2088, 2260
- estratosfera, 330, 503, 739, 1504, 1839, 1896, 2382, 2824
- estratovolcanes, 3321
- estrella, 642, 912, 982, 1204, 1422, 1430, 1240*, 1784, 1884, 2000, 2016, 2224, 2278, 2282, 2498, 2500, 2624, 2910, 3266
- binaria, 1256
- de carbono, 1204
- de mar, 482, 978, 1172, 2730
- de neutrones, 106, 107, 303, 1244, 1254, 1250, 2263, 2627, 2692
- de Población I, 3268
- de Población II, 3268
- doble, 324, 1253
- doble física, 1257
- doble fotométrica, 1259
- doble óptica, 1257
- doble visual, 1256
- en formación, 303
- enana blanca, 106
- fija, 323
- fugaz, 2083, 2370, 2895
- guía, 2231
- homóloga, 1241
- nova, 1246*
- Polar, 324, 804, 2757
- serpiente, 1172
- supernova, 1250*
- variable, 1252*
- estreptococo, 434, 1323
- estreptomina, 231, 437
- estrés, 1775, 2425
- estribo (oído), 340, 1657
- estribor, 3082
- estricnina, 126, 127
- estrobilación, 2758
- estrobo, 3083
- estroboscopia, 1086, 1260*
- electrónico, 1261
- estrógeno, 833, 863, 1510, 1565, 1644, 3062
- estroma, 742, 1392
- estromatolitos, 2567, 3273
- estruemido, 2158
- estruenianita, 2070
- estruenio, 1407, 1553, 1956, 2062, 2070
- estruenio-90, 1896
- estructura algebraica, 144, 1263
- amorfa, 624
- atómica, 2705
- cristalina, 584, 624, 881, 986, 1363, 1456, 1939, 1990, 2123, 2248, 2268, 2461, 2868
- abierta, 881
- compacta, 881
- de orden, 1263
- electrónica, 2251
- heterocíclica, 2650
- matemática, 1262*
- matriz, 1263
- molecular, 1891
- topológica, 825, 1263, 3104
- estructuralismo, 1262
- estuario, 2529
- estuco de madera, 568
- de vidrio, 568
- estufa, 754
- estufofaciente, 188, 1604
- Eta Acuáridos, 2085
- Eta Ursae Majoris, 805
- etacilina, 231
- etanol, 132
- etano, 130, 131, 494, 1138, 1442, 1447, 1592, 1593, 2083, 2466
- etanol, 128, 130, 131, 492, 1641, 2650
- eteno, 2083
- éter, 206, 994, 2742
- dimetilico, 2157
- etílico, 1029
- etilbenceno, 1264
- etilenglicol, 130, 131
- etileno, 132, 209, 932, 1593, 1640, 2083, 2463, 2469, 2551
- y polietileno, 1264*
- etilismo, 129
- etilo, 1138
- Etiología, 1156
- etmoides, 2298
- etnia, 2698
- Etología, 1266*, 2272, 2902
- etóxido amídico, 975
- amínico, 975
- estereo, 975
- etéreo, 975
- etriptamina, 945
- eubacteria, 650
- Eucalyptus, 524, 941, 958
- eucariota, 480, 654, 1277, 2376, 3277
- eufobia, 3244
- euforbiácea, 492
- euforia, 128
- euglena, 141, 2507, 2602
- eumelanina, 2425
- Eumorphoceras tornquisti, 621
- Euparker, 2393
- Euparkeria, 2057
- Euphasia superba, 689
- Euphorbia, 958, 1635
- lathyris, 495
- tricali, 495
- Euplectella, 1752
- Euricis viridis, 1547
- euriptérido, 284
- Europa, 1785, 2976
- europio, 1805
- Eurypteridos, 2875
- Eurypterus remipes, 2391
- Eusarium solani, 2414
- Eusthenopteron, 1276
- eutanasia, 2202
- eutrofización, 86, 87, 93, 95, 1798
- cultural, 818
- EVA (traje de astronauta), 306
- evaporación, 82, 105, 1999, 2724
- por compresión, 954
- evaporógrafo, 2087
- evaporita, 1496, 2795
- marina, 541
- evapotranspiración, 82
- evolución, 476, 1270*, 1465, 1630
- animal, 1276*
- cladogenética, 1275
- convergente, 935
- del caballo, 2840
- del esqueleto de las aves, 255
- humana, 1280*
- evolucionismo, 1266
- exametilendiamina, 178, 179
- exantema, 933, 2814
- excavadora, 1065, 1282*, 1974, 2128
- de cable, 1282
- de cuchara, 1282
- hidráulica, 1282
- excentricidad orbital, 298, 1501
- excitación (nerviosa), 2718
- excitador, 1081
- excitones, 1341
- exfoliación, 2124
- exhalación, 207, 2620
- exoesqueleto, 216, 282, 894, 1368, 1640, 1716, 1752, 2081, 2144, 2416
- exógeno, 1285
- exosfera, 330
- exotoxina, 435, 3126
- experimentación, 697
- experimento de Richet, 1757
- experimento de Shoenheimer, 1346
- in vitro, 1346
- exploración geofísica, 2126
- exploración ginecológica, 1498
- explosión, motor de, 1131
- nuclear, 267, 509, 1896, 2703, 2726
- termoneuclear, 1896

explosivo, 432, **781**, **1284** *
 - clases de, 1285
 - lento o propulsor, **1284**
 Exposición de París, 1184
 exposímetro, 2231
 - de fotorresistencia, **1387**
 - de integración, **1386**
 - de luz incidente, **1386**
 - de luz reflejada, **1386**
 - de tipo spot, **1386**
 extensímetro, **3058**, **3144**
 extensión, **278**
 - de un anillo, **1533**
 extensógrafo, 2397
 extensograma, 2397
 extensómetro, 1031
 extintor, 1397
 extracto de pelitre, 1715
 extradós, 250
 extrañeza, 1338
 extrasístole ventricular, 839
 extrastrong, **1905**
 extrusión, **2068**, **2520**
Exuvialia, 141
 eyaculación, 1467, 1898

F

facelina, 2158
 factor, **1566**
 - de liberación, 53
 - intrínseco, **1003**, **1239**
 - PP, 2414
 - Rh, 1109
 fagocito, **235**, 456, 1617
 fagocitosis, 436, 1617, **2603**
 fagos, **3304**
 fagot, 1732
 faisán común, **1266**
 - real, **1266**
 falango, **281**
 falangéridos, **1968**
Falco biarmicus, **959**
Falco hypoleucos, **959**
faldón, **1655**
 falenas, **1278**
 falsación, **696**
 falla, **104**, 700, 851, 1475, 1500,
 1535, **1857**, 1940, 2171
 - de desgarr, **1286**
 - de gravedad, **1286**
 - de San Andrés, **1286**,
2979
 - inversa, **1286**
 - transformante, **1959**
 - y pliegue, **1286** *
 fanelibránquios, 1786
 familia, **240**
 - de actínidos, 2536
 - del cobre, **748**
 - del cromo, **3336**
 fan, **411**, 1559
 fanerógama, 2504
 Fanerozoico, **2057**
 fango activo, **89**, 91, 2766
 - primario, **89**
 - secundario, **89**
 fangos, deshidratación de, **92**
 - digestión de, **90**
 - incineración de, **92**
 - línea de, **89**, **90**
 faradio, **793**
 farallón, **868**
 faringe, **1004**
 - branquial, **840**
 farinograma, 2397
 farmacéuticos, productos,
1288 *
 farmacia, 1292
 fármaco, 1292, 1603, 1634,
 1708, 2027, 2037, 2210,
 2462, 2485, 3036
 - antirrítmico, **631**
 - psicotrópico, **2611**
 - vasodilatador, 2040
 farmacocinética, **1292**

farmacografía, **1292**
 farmacología, **1292** *, 3123
 farmacopea, 1288
 fano, **1296** *
 - antiniebla, **376**
 - arcovoltaico, **1297**
 - de la isla de Wight, **1297**
 - de ráfaga, **1297**
 - flotante, **1297**
 fascículo de His, 628, **839**
 fasciolómidos, **1969**
 fases de la Luna, **1882**
 fatiga, **762**
 FBR (contrai nuclear), **668**
 fecundación, **832**, **1108**, **1114**,
 1464, 1498, 1567, 1658,
 2505, 2759, 2858
 - artificial, **2347**, **3265**, **3341**
 - cruzada, **1298**, 1575
 - e inseminación artificial,
1298 *
 - externa, **1298**
 - in vitro, **1299**, **2347**
 - interna, **1298**
 feedback, **1508**, **1640**
 feldespato, 171, 568, 672,
 1456, 1496, 1859, **2123**
 félicos, **1452**, 1624
 felino, 1861
Felis canadensis, **220**
Felis catus, **1452**
Felis lybica, **1452**
Felis sylvestris, **1452**
 fémur, **1656**, 1687
 fenacetina, 189, **296**
 fenelzina, **945**, 1236
 fenilalanina, 181
 fenilketonuria, 1154, **1157**,
 1756
 fenilefrina, 1237
Fennecus zorda, **959**
 fenol, 132, 965, **1300** *, 1597,
 2381, 2467
 fenolatos, 1300
 fenolftaleína, **2471**
 fenotipo, **1278**
 fenoxibenzamina, 1237
 fenóxidos, 1300
 feomelanina, **2425**
 feotita, **138**
 fermentación, **230**, **1302** *,
2396, 2412, 2513, 2873,
3298
 - ácida, 2396
 - aeróbica, 1302, 2396
 - alcohólica, **471**, **496**
 - amoniacal, **1302**
 - anaeróbica, 1302, **1830**
 - bacteriana, 472
 - forménica, 1310
 - natural, 2396
 - química, 2396
 fermión, **1338**, **2022**
 feromona, 1720
 ferritina, **1601**
 ferrocarril, **1304** *, 1418, 2193
 - del balanceo, **2164**
 - metropolitano y tranvía,
1308 *
 ferrocromo, **889**
 ferrodioxina, **1394**
 ferromagnetismo, 1341, **1909**
 ferrosilicio, 1907
 ferrovandio, **3237**
 ferrowolframio, **3337**
 ferry, **553**
 fertilizante, 432, 473, 818,
1310 *, 1365, 2253, 2466,
 2502, 2508, 2562, 2646,
 2909, 2943
 festucas, 2513
 feto, 1108, **1117**, 1926, 1968,
 2026, 2410
 fibra, **772**
 - acrílica, 796, **1319**, 2469,
 2485
 - artificial, 1803
 - celulósica, 2485
 - colágena, **2237**
 - de algodón, **148**
 - de amianto, 110
 - de carbono, 2494
 - de celulosa, 2402

de cuarzo, 1765
 de lana, **183**
 de mineral, 110
 - de poliéster, 1593
 de Purkinje, 628, 838
 de vidrio, 110, 378, 807,
 1324, 2296, 2403, 2494, 2518
 - mielinica, **2237**
 - multimodo, **1316**
 - muscular, **486**, **1032**, **2209**
 - natural, 1670, 1802
 - nerviosa, **1188**, 2040, 2298
 - óptica, **1126**, **1314** *, 1569,
1813, **1884**, 2310, 2331,
3019
 - poliacrílica, **1319**
 - poliamídica, 179
 - poliéster, 2469
 - polipropilénica, **1319**
 - sintética, 148, 1592, 2040,
 2345, 2469, 2521, 2646
 - y tejido sintético, **1318** *
 fibrilla, **1860**, 2403, **2832**
 fibrina, 1567
 fibrinógeno, 1109, 1567, **2347**,
2812
 fibroadenoma, **3191**
 fibroblasto, **1711**
 fibroma, **3191**
 fibroplasto, 1946
 fibroresina, 1905
 fibrosarcoma, **607**
 fibroscopio, **1317**
 - ultrafino, **1127**
 fibrosis, **286**
 - pulmonar, 2041
 ficocianina, **138**
 ficoeritrina, **138**
 ficofeína, **138**
 ficomiceto, 2144
 ficha, **463**
 - perforada, **928**
 fichero de datos, **1320** *
 fidula, 1544
 fiebre, **1322** *, 1924
 - amarilla, **234**, 1160, **1540**,
 1606, 1720, 3234
 - bilioséptica, **1322**
 - cuartana, 1925
 - de Oroya, **1161**
 - del heno, **137**, 2765
 - intermitente, **1322**
 - ondulante, **1322**
 - reumática, 296
 - septicémica, **1322**
 - supurativa, **1322**
 - terciaria, 1924
 - tifoidea, 457, 1154, 1158,
 1727, 3234
 - uroséptica, **1322**
 fieltro, **148**
 fijador, 1794
 filamento, **520**, 677, **1351** *,
2505
 filaria, 284
 - de Medina, **2408**
 filariosis, 1161
 filatelia, **2844**
 filicina, 2506
 film, **1665**
 fímina, 344
 filmoteca, 463
 filofármaco, **2510**
 filogenia del caballo, **2391**
 filopluma, **843**
 Filosofía, 151, 1982, 1993
 - de la matemática, 262,
 1986
 filtración, 95
 filtro, **837**
 - acústico, **1324**
 - amarillo, 2094
 - antiguos, **1981**
 - biológico, **2766**
 - coloreado, 1325
 - de acetato, **1794**
 - de paso de banda, **1324**
 - de placa, **1325**
 - del aceite, 372
 - del aire, 372
 - desaceitante, **1324**
 - electrónico, **1324**
 - físico, **1324**

óptico, **1207**, **1325**, 1838
 - polarizador, 656, 1890
 - selectivo, **1325**
 - y filtración, **1324** *
filum (animal), **282**
 filodulcina, **2806**
 fimosis, **724**
 fiordos, **868**
 Física, 194, 910, 1176, **1326** *,
 1409, 1476, 1754, 1788,
 1888, 1984, 1993, 2014,
 2020, 2039, 2078, 2195,
 2196, 2742, 3140
 - atómica, **1329**, **1340**
 - de alta energía, **1330**
 - de fluidos, **1332** *, **1990**
 - de las partículas, 1326,
1330, **1334** *
 - de sólidos, **1328**, **1340** *,
 1996
 - del plasma, **1328**
 - matemática, 1193, 1984
 - molecular, **1329**
 - nuclear, **1330**, **1340**, 1755,
 2266
 fisiografía, 1490
 fisiología, **154**, **476**, **531**, 726,
1344 *, 2039, 2420
 - celular, **1345**
 - comparada, **1345**
 - del ejercicio, 2036
 - general, **1345**
 fisión, 100, **664**, 1139, 1140,
 1330, 1422, **2264**, 2768
 - nuclear, **508**, **778**, 1141,
 1243, **1348** *, 1766, 1917,
 1978, 2661, 2750
 fisitóridos, **689**
 fitófagos, 1715
 fitogeografía, **528**
 fitopatología, **2510**
 fitoplancton, **138**, **483**, 1960,
2291, 2376, **2418**, **2490**
 fitoptilpido, 1714
 fitosociología, **528**
 fitosterol, 1851
 flagelado, 2491, **2602**
 flagelo, 216, 654, **434**, **788**,
 1860
 flamenco, **386**
 flámulas, **2696**
 flap, **119**, **401**, 513, **648**
 flash, **597**, 1810
 - de bombilla, **1380**
 - de bulbo, **1380**
 - de magnesio, **1380**
 - electrónico, 1260, **1380**,
 1846
 flauta, **1732**
 - dulce, **1731**
 - travesera, **1731**
 flautín, **1732**
 flecha, **248**, **1843**
 - de caza, **249**
 - de pesca, **249**
 - de tiro a vuelo, **249**
 flema, 476
 fleo, 2513
 flexión, **278**, 1075
 flexografía, **2437**
 flictenas, **2636**
 flip-flop, **1333**
 floclación, 95
 floema, 246, **933**, 1621
 flogisto, **780**
 flogopita, 2392
 flor, **1350** *, 1598, 2505
 - acíclica, **1351**
 - cíclica, **1351**
 - completa, **1351**
 - de pascua, **1353**
 - dialisépala, **1350**
 - eucíclica, **1351**
 - femenina, **2505**
 - gamosépala, **1350**
 - incompleta, **1351**
 - masculina, **2505**
 - simétrica, **1351**
 - zigomorfa, **1351**
 floración, 1640, 1748
 florígena (hormona),
1640
 FLTSATCOM (Sistema de

Comunicación Via
 Satélite), 2992
 fluidica, **1332**
 fluido, **3307**
 - corporal, **190**
 - frigorífico, **32**
 - gastrointestinal, 296
 - newtoniano, **3306**
 - termoabsorbente, **2400**
 - tixotrópico, **3306**
 fluor, 18, 66, 540, **940**, **1396**
 1448, **1552**, 1767, 2457
 fluorescencia, **1354** *, **1362**,
1391, 1884, 2124, 2232,
 2660, 2692, 3183
 - lenta, **1362**
 - retardada, **1362**
 fluorita, 1354, **1456**, 2123
 fluorización, **2555**
 fluoro carburo freón, 786
 fluoropatitis, 940
 fluoroscopia, **629**
 fluoruro, 996
 - de litio, **2811**
 fluxiones, 196, 950
 FM (modulación de
 frecuencia), **2664**
 fobia, 2610
 foca, 2422
 focénidos, **689**
 foco, **212**, **1359**, **1827**, **3008**
 folículo, **2051**, **3088**
 - linfático, 457
 - ovárico, **788**
 - pilifero, 2214
 - piloso, **2424**, **2476**
 - primordial, **1511**
 foliolitos, **663**, **1930**
 folíolos, **1621**, 1822
 fondo, **1214**
 - abisal, **483**
 - energético, **1135**
 - isótropo, **865**
 - marino, 1959
 - oceánico, 1705
 fonema, **2354**
 fonendoscopio, **1232**
 fonética, 1824, **2354**
 fonocaptor, 1023
 fonocardiograma, **628**
 fonofilm, 2928
 fonograbador, **1024**
 fonógrafo, **166**, 1022, 1024
 teramínifero, **873**, **1369**, 2287,
2390, 2395, **2602**
 fórceps, **728**
 forja, **1356** *
 - con estampa, **1357**
 - con martillo, **1356**
 - con prensa, **1357**
 - en frío, **1357**
 - isotérmica, **1357**
 - por laminación, **1357**
 - por recalcado, **1357**
 forjado, **2068**
 forma, **271**, **1662**
 - alotrópica, **1220**
 - arqueada "a hueso", 251
 - canónica, 1060
 - cuadrática, **1484**, **1489**
 - cuadrática, cónica y
 cuadrada, **1358** *
 - equivalente, **1358**
 - estructural, **1474**
 - lineal, **977**
 - n lineal, **977**
 formaldehído, **132**, 179, **2156**,
 2381, 2467
 formalismo, **1986**
 formamida, 179
Formica rufa, 1636
 formicido, 1636
 formol, 132, 2381
 forraje, **2512**, **2872**
 forsterita, 1938
 Fortran, **2105**, **2320**, 2334
 fosa nasal, 2298
 - oceánica, **1856**, **1959**,
2289
 - submarina, **949**
 fosfatasa, 655, 2113
 fosfato, 708, 1393, 1656
 - de calcio, 568

fosfeno, 1543
fosfoarseniuro de galio, 1387
fosfógeno, 1981
fosfolípido, 651, 1851, 1937
fosforescencia, 1354, 1362*, 1391, 2669
fosforilación, 1523, 2059
fosforilasa, 1523
fósforo, 276, 569, 930, 1009, 1310, 1364*, 1599, 2212, 2414, 2502, 2508
- amarillo, 1365
- blanco, 1364
- negro, 1365
- rojo, 1365
fosforoscopia, 1362
foshound, 2443
fósil, 116, 240, 332, 621, 1280, 1474, 2056, 2342, 2566, 2571, 2793
- guía, 621, 2389
- vegetal, 1571
- y fosilización, 1366*
fosilización, 2388
fotocátodo, 1388
fotocélula, 657, 658, 1031, 1342, 1388, 2436, 3283
fotocoagulación, 1370*
fotocomponedora, 1372, 2437
fotocomposición, 1372*, 1664, 1821, 1837, 2435
fotoconductividad, 1341
fotocopia y
- fotorreproducción, 1374*
fotodetector, 1023
fotodiódio, 658, 757, 1023, 1342, 1694
fotodisociación, 3256
fotoemisor, 1342
fotofluorografía, 2686
fotofobia, 2040
fotófono, 1314
fotografía, 1376*, 1665, 1794, 2276
- aérea, 266, 1382*
- electrónica, 2311
- en color, 1378
- en infrarrojo, 1692
- en relieve, 267
- estroboscópica, 1260, 2037
- iluminación, 1380*
- instantánea, 2543
fotograma, 211, 212, 214, 598, 2095, 2166
fotogrametría, 1832
fotoincisión, 716
fotointerpretación, 1384
fotolisis, 470, 1596
- del agua, 1392
fotómetro, 190, 594, 2284
- analógico, 1031
- de filtro, 1207
- de Foster, 3311
- y exposímetro, 1386*
fotomultiplicador, 813, 1186, 1388*, 1839, 2311, 2436
- electrónico, 1389
fotón, 236, 338, 650, 658, 813, 1019, 1020, 1153, 1331, 1336, 1363, 1390, 1409, 1525, 1767, 1808, 1886, 1920, 1991, 1993, 2020, 2266, 2630, 2658, 2660, 2751, 3008
fotónica, 1762
fotoquímica, 1390*
fotoresist, 716
fotorreceptor, 3308
fotorresistencia, 659, 1342
fotorresistor (CdS), 658
fotosfera, 2890, 2912
fotosíntesis, 138, 246, 269, 331, 333, 430, 471, 492, 601, 627, 655, 742, 751, 1137, 1152, 1355, 1391, 1392*, 1518, 1598, 1766, 1798, 1884, 1900, 1906, 1993, 1960, 1993, 2004, 2058, 2374, 2377, 2383, 2408, 2491, 2507, 2566, 2659, 3276
fotosistema, 1392
fototransistor, 658

fóvea, 2293, 3309
foxterior, 2443
fragancia, 2430
fragata, 547, 892
- mixta, 548
- portuguesa, 482
frambesía, 1161
francio, 1106, 1854, 2070
franja coralina, 274
franja de inestabilidad, 1252
franja de interferencia, 1626
Frankia alnii, 2255
franklinita, 1354
freático, nivel, 84
frecuencia, 166, 167, 169, 228, 229, 819, 1838, 2102, 2676
- absoluta, 1216, 1218
- de la onda, 2654
- de resonancia, 3026
- de una onda, 1744
- del sonido, 1066
- intermedia, 2667
- relativa, 1216, 1218
- umbral de, 3026
freno, 351, 465, 1675
- de cinta, 369
- de disco, 368, 1307, 2179
- de tambor, 368, 2179
- de zapata simple, 369
- hidráulico, 1588
- neumático, 1307
- recuperador, 615
frente cálido, 2089, 3072
- de choque, 1918
- frío, 2089, 3072
- polar, 959, 2086
freón, 32, 66, 1396*, 2350
fresa (herramienta), 1398
- de corona, 1399
- de disco, 1399
- de planear, 1399
- madre, 1399
fresadora, 1398*, 2960
fresno, 524
frigorífico, 786, 1265, 1397, 2350, 2724
- de compresión, 1400
- y congelador, 1400*
Fringilla, 220
frita, 1190
frontal, 1656
fructosa, 430, 1519, 1523, 2059
fruta, 1598
fruto, 1299
- agregado, 1403
- múltiple, 1402
- pulpaéreo, 1402
- seco, 1402
- simple, 1402
- y árbol frutal, 1402*
frutosa, 2806
FSH (hormona
foliculostimulante), 1644, 3062
ftalato de dimetilo, 2467
ftalocianina, 2485
fucus, 138
fuego, 780
fuegos artificiales, 1406*
fuel-oil, 331
fuente, 105
- artesiana, 122
- dietética, 152
- energética, 2462
- Globar, 1692
- termal, 3322
- termal submarina, 1960
fueraborda, 1113
fuerza, 1222, 1674
- aerodinámica, 3326
- aplicada, 2014
- centrífuga, 670, 1472, 1954, 2013
- centrípeta, 2013
- de Coriolis, 694, 2087
- de gravedad, 1472, 1881, 2494
- de rozamiento, 2194
- de sustentación, 54, 55, 422, 1590, 2494, 3331
- de un ácido, 27
- de una base, 27
- de Van der Waals, 2148

- electrodébil, 1097, 1409
- electromagnética, 1408
- electromotriz, 504, 712, 1080, 1082, 1095, 1102, 1142, 1911, 2480
- electrostática, 1318
- electrostática de Coulomb, 1424
- gravitacional, 1097, 1425, 1524
- gravitatoria, 1408, 1911, 2233
- inercial, 2014
- intermolecular, 1009
- magnética, 1911, 1916
- nuclear, 1911
- nuclear débil, 1097, 1524
- nuclear fuerte, 1097, 1524
- orogénica, 1492
- vital, 496
- y campos de fuerza, 1408*
fuerzas centrífuga y centrípeta, 1410*
fulminante, 633, 1420
fulminato de mercurio, 1284, 1420
fumarola, 3322
fumigación, 1572
función, 271, 774
- analítica, 952
- compuesta, 1412
- constante, 1412
- continua, 824, 1195, 1199, 1412, 1738
- criterio, 2307
- de decisión, 3030
- de distribución, 1218
- de Dirichlet, 1740
- de estado, 1463
- de frecuencia, 1218
- de función, 1412
- de Helmholtz, 3043
- de onda, 2021
- de riesgo, 3030
- de Riemann, 1740
- de variable compleja, 1415
- derivada, 195, 950
- elemental, 1740
- exponencial, 1868, 2596
- hemocaterética, 456
- hemopoyética, 456
- implícita, 1413
- integral, 1738
- inversa, 1868, 2735
- índice, 2592
- logarítmica, 1867
- lógica, 720
- matemática, 1411*
- multiforme, 1412
- primitiva, 1868
- real, 1415
- real de variable real, 950, 1412
- subintegral, 575
- trascendente, 1740, 1868
- trigonométrica, 572, 1869
- uniforme, 2735
- vectorial, 1741
- vital, 1346
- zeta de Riemann, 3033
fundente, 3288
fundición, 20, 2068, 2076
- blanca, 273
- bruta, 1600
- común, 1600
- de carbón de madera, 273
- de cok, 273
- de hierro, 2069
- de precisión, 1417
- gris, 273
- y colada, 1416*
fungicida, 1301, 1712, 2053
funicular, 1418*, 2189
funiculo, 2848
fuselaje, 398, 407
fusible, 371, 713, 1034, 1724
fusil, 1420*, 2488
- automático, 1420
- de asalto, 1421
- de repetición, 1420

- de rueda, 2488
- Gatting, 2488
- MAXIM, 176
- semiautomático, 1420
fusión, 1132, 1998, 2068
- a presión, 1417
- atómica, 1914
- automantenida, 1917
- nuclear, 261, 508, 668, 778, 983, 1137, 1242, 1328, 1422*, 1597, 1916, 2000, 2266, 2514, 2751
- termonuclear, 2625, 2893, 2910, 3268
fusulinidos, 623
gabro, 2789
gacela, 844
- de Grant, 221, 663, 1269
gadolinio, 1805
gadolinia, 1804
gafas, 1428*, 1826
- de seguridad, 2836
- polaroid, 1890
galactosa, 1519, 1523, 2061
galactosemia, 1154
galalita, 132
galápagos, 123, 227, 1582
galaxia, 301, 322, 1240, 1430*, 1993, 2019, 2156, 2280, 2282, 2500, 2624, 2632, 3212, 3266
- barrada, 864
- de Andrómeda, 864, 1133, 1249
- elipsoidal, 864
- elíptica, 303, 1434
- en espiral, 864, 1434
- esférica, 864
- irregular, 1435
- Kuklos, 1432
- M 87, 915
- peculiar, 303
- satélite, 302
- Seyfert, 2634
galea, 1716
galena, 432, 862, 2122, 2522, 2530
galeón, 546
- inglés, 2218
galerada, 1836
galera, 1110
galgo afgano, 2445
- árabe, 2445
- egipcio, 2445
- inglés, 2442
galio, 67, 1019, 1767, 1956, 2344
galvanismo, 1080
galvanización, 1436*
galvanizado, 704
- del hierro, 853
galvanómetro, 468, 1080, 1082, 1386, 1764, 2047, 2365, 2884, 3044
- de cuerda, 1084
- de D'Arsonval, 1082
galvanoplastia, 31, 889, 1090, 1102, 1437
galvanostegia, 1102
gallardo, 2506
gallina, 1585
- andaluza azul, 1438
- australiana, 388
- Branhma, 1438
- enana Bantam, 1438
- y aves de corral, 1438*
gallineta, 482
gallo bankiva, 223
- doméstico, 1266
gamba, 285, 484
- abisal, 483
gametangios, 1210
gameto, 788, 891, 1298, 1458,

1464, 1564, 1575, 1898, 2507, 2759
femenino, 1658
gametocito, 1212, 1925
gametofito, 2507
gametogénesis, 788
gamma, 324, 1390
Gamma Ursae Majoris, 806
gammacámara, 2038
gammaglobulina, 2777, 2812, 3235
gammagrafía cerebral, 1755
gammascopia, 2199
gamo, 845
- de Mesopotamia, 224
gamopétala, 1351
gamosépala, 531
ganadería, 3338
- extensiva, 75
- intensiva, 3339
ganado, 2512, 2564, 3262
ganga, 2076, 2361
ganglio, 218, 2240
- axilar, 1844
- cerebral, 284
- cervical, 1844
- inguinal, 1844
- linfático, 456, 610, 908, 1005, 1509, 1844, 2162, 2813
- mastoideo, 1844
- nervioso, 284, 1576
- paratoideo, 1844
- preauricular, 1844
- submandibular, 1844
- suboccipital, 1844
gangliósidos, 1851
gangrena de fósforo, 1365
Canimedes, 1785
ganso, 218
gardenia, 2430
garlopa, 635
gamierita, 2250
garra, 387
- de un felino, 1453
garrapata, 2408
garriga, 956
garrucha, 2544
Garrulus, 220
garza real, 388
gas, 1998, 2366
- butano, 350, 1118
- ciudad, 754
- comprimido, 67
- de alumbrado, 1264
- de carbón, 754
- de escape, 353
- de hulla, 1440*
- de los pantanos, 472
- de mina, 2082
- de transporte, 886
- del alumbrado, 2083
- del pantano, 2082
- detector de, 814
- dilatación del, 1009
- extintor, 814
- halógeno, 521
- hilarante, 206, 994, 2253
- inerte, 1166
- ionizado, 1915
- lacrimógeno, 1980
- licuado del petróleo (GLP), 1446*
- mostaza, 1543
- natural, 472, 492, 754, 781, 1134, 1136, 1140, 1440, 1442*, 1446, 1448, 1594, 1596, 2429, 2469, 2479, 2525, 2082, 2296, 2716
- nervioso, 1542
- noble, 209, 521, 1448*, 1552, 2070, 2373, 2705
- perfecto, 1445
- propano, 1514
- real, 1445
- sintético, 1594
- sólido congelado, 782
- venenoso, 1980
gaseoducto, 1131, 1440, 1443, 2082
gases, 1444*
gasificación, 494
- subterránea, 1440
gasógeno, 1594

- gasohol, **494**
 gas-oil, 2466
 gasóleo, 331, 350, 644, 1265, 1306, 1446, 1451, 2185, 2465
 gasolina, 291, 331, 350, 644, 1073, 1118, 1303, 1446, **1450***, 1592, 1594, 1670, 2465, 2466, 2716
 - sintética, 1450, 1594
 gasómetro, **472**, 1440, 1789
 gasones, 1994
 gasterópodo, 623
 gastrina, **1239**
 - antral, 2399
 gastroenterología, **2029**
 gastroenterólogo, 2039
 gastrofibroscopio, 1126
 gastrolitos, **542**
 gastroscopio, 1127
 gástrula, 1117
 gato, **1452***
 - de agalía, 2430
 - de la isla de Man, **1453**
 - de rosca, **3115**
 - hidráulico, 702, 1588
 - mecánico, 702
 - persa, **1452**
 - persa azul, **1453**
 - persa blanco, **1453**
Gattendorfia subinvoluta, 621
 gavia alta, **2140**
 gaviota, 386
 - argéntea, **1266**
 - ártica, **222**
 Gea, 3090
 geco, 2763
 Geiger, nivel de, **814**
 géiser, **522**, **523**, 1139, **1148**, **1454***, **3322**
 gel de sílice, 885, 2468
 gelatina, 12, 1291
gelidium, 139
 gelificación, **2439**
 gema, 986, **1456**, 2122
 - lunar, **1474**
 gemación, **1830**, **2758**
 Gémini (constelación), **804**
 Gemínides, **2085**
 Geomorfología, **1490***
 gemutación, 2002
 gen, 435, **486**, **499**, **968**, 1033, **1116**, **1156**, 1269, 1270, **1458***, 1465, 1574, 1658, 1700, 1754, 1831, 2002, 2032, 2058, **2211**, **2878**, 2902
 - alternador, **1460**
 - amplificador, **1460**
 - de control, **1584**
 - dominante, 1926
 - estructural, **1459**, **1584**
 - modificador, **1460**
 - recesivo, 1926
 - regulador, **607**, **1459**
 - src, **607**
 - supresor, **1460**
 gena, **1716**
 generación espontánea, 1276
 generador, 366, 559, **712**, 1079, 1724, 1734
 - de corriente continua, 1094
 - de función, **1462***
 - de vapor, 665, 2400
 - eléctrico, **1142**, 1146, 1306
 - eólico, **1136**
 generatriz, **258**
 género, **240**
 - *Apiysia*, 2159
 - *Aita*, 1636
 - *Lasius*, **1636**
 - photobacterium, 491
 Genética, 240, 479, 481, 486, 532, 1116, 1458, **1464***, 1574, 1584, **1756**, 1923, 2039, 2155, 3341
 - de población, **1270**, **1465**
 - molecular, **499**, **1465**
 genital, aparato, **1466***
 genotipo, **1278**
 gentamicina, 231
 genículos dérmicos, **3066**
 geobalística, **443**
Geococcyx californianus, **959**
 geoda, **883**
 geodesia, 256, 259, 919, **1468***, **2818**
 geodímetro, **3058**
 geodinámica externa, 1474
 - interna, 1474
 geoespaleología, **1539**
 Geofísica, 554, 851, **1470***
 Geografía, 1942, 1986
 - física, 1490
 geoide, **1469**, **1472***
 - determinación del, **641**
 Geología, 269, **1474***, 1490, 1698, 1940, 2388, 2440
 - económica, **1474**
 - histórica, **1474**
 - oceánica, 2288
 geomagnetismo, **1470**, **2268**
 Geometría, 194, 197, **256**, 916, 1192, 1194, 1358, 1480, 1982, 2272, 2547, 3104
 - afin, **1488**, **3105**
 - algebraica, **1483**, 1985
 - analítica, 142, 196, 197, 824, 916, 1194, 1415, **1480***, 1484, 1487, 1530, 1983
 - conjuntista, **3105**
 - de Euclides, 2090
 - de la dirección, **363**
 - de los fractales, **827**
 - de Lobachevsky, **1488**
 - descriptiva, **1487**
 - diferencial, 197, 1194, 1481, **1484***, 1487, 1985
 - elíptica, **1488**
 - euclídea, 1263, **1486**, 2142, **3105**
 - hiperbólica, **1488**
 - parabólica, **1488**
 - proyectiva, 1194, 1487, **3105**
 - superior, **1488**
 - topológica, **3105**
 geometría, **1486***
 - no euclídea, 919
 geomología, **1456***
 Geomorfología, 1474
 Geoquímica, 1470, **1494***, 2460
 Georgiense, 600
 geosinclinal, **823**
 geotermógrafo, **2087**
 geotumor, **2172**
 germanio, 261, 1016, 1106, 1956
 germen, **277**, **677**, 741, **1158**, 1162, 1681
 - de ebullición, **3238**
 - patógeno, **280**
 germicida, 751, **962**
 germinación, **696**, 1640
 germinina, 832
 gestáceno, 833
 gestación, **1640**, **2410**
 giberelina, **1640**
 gibón, 223, 240
 gigante azul (estrella), **301**, **982**
 - infrarroja (estrella), **983**
 - gigante roja (estrella), **301**, **983**, **1242**, **1247**, 1252, 1259, **2000**, 2285
 gigantismo, 1644
Gigantopithecus, 240, 1281
Gigantopteris, 2441
 gigantostáneos, 2391, **2874**
 gilsonita, 291
 gimnofionos, 842
 gimnospermas, **524**, 529, 1213, 1786, 1900, 2057, **2505**
 ginatoencéfalo, **1637**
 ginebra, **128**
 gineceo, **1351**, **2505**
 ginecología, **1498***, **2028**
 ginkgoales, 1786
Ginkgoinae (ginko), **529**
 ginkgo, 2056, **2507**
 giradiscos, 1022
 girobrújula, **545**
 girocompás, **545**, **2228**
 girocóptero, **1563**
 giroscopio, 293, 424, 512, 1705, 2231
 giróscopo, **545**, 2225, **2226**, **2482**
 glaciación, **738**, **896**, **1500***, 1504, 1622, 2376, 2394, 2438, 2441, 2525
 - cuaternaria, 739, 2342
 - del Ordovícico superior, 739
 - eocambriana, 739
 - Günz, **1500**
 - Mindel, **1500**
 - permocarbonífera, 739
 - Riss, **1500**
 - Würm, **1500**
 glaciación, 82, 868, **896**, 1181, 1500, **1504***, 1959, 2114
 - alpino, **738**, **1505**
 - de ladera, **1504**
 - himalayo, **1505**
 glaciología, 1474, 1506
 glándula, **724**, **1467**
 glándula, **1508***, 1509, 1602, 1640, **3088**
 - acinosa simple, **1509**
 - alveolar, **1509**
 - apocrina, **964**, **1508**, **2476**
 - citogénica, **1509**
 - de Cowper, **1467**, 1898
 - de Dufour, **1637**
 - de la sal, **1509**
 - ecrina, **964**, **2476**
 - endocrina, **1508**, **1614**, **1644**, 2040, **2398**
 - exocrina, **1508**, **2398**
 - gástrica, **1238**
 - hipofaríngea, 2112
 - holocrina, **1508**
 - imperfecta, **1122**
 - lagrimal, **1508**
 - mamaria, **1510***, 1565, 1645, 1968, 2404
 - merocrina, **1508**
 - paratiroide, 1644
 - pineal, 1644
 - pituitaria, **1508**, **1614**, 2214
 - preorbital, 1269
 - salival, 1002, **1508**, **1513**, 2404
 - sebácea, **965**, **1508**, 2214, **2424**, **2476**
 - sericígena, **284**
 - sexual, 1602
 - sudorípara, **908**, **964**, **1513**, 2214, **2476**
 - suprarrenal, **1005**, 1109, **1122**, **1508**, **1512***, 1602, **1643**
 - tiroides, 1109, **1123**, **1508**, 1602
 - tubular, **1509**
 - uropigial, **386**
 - vascular, **1122**
Glossopteris, 949
 glaucoma, **2293**, **3311**
 glauconita, 2392
 glía, 680
 glicérido, **1850**, 1851
 glicerina, **130**, **131**, 905, 1285, 1768, 1850
 glicerofosfolípido, 1851
 glicerol, **130**, **131**, 1851
 glicina, **181**, 885, 2154
 glicirrizina, **2806**
 glicoles, **965**
 glicólisis, **1302**
 glicoproteína, **2598**
 glioblastoma multiforme, 607
 globo, 1597
 - estratosférico, **1517**
 - libre tripulado, **1517**
 - meteorológico, **2089**
 - ocular, 1828, **2293**
 - y dirigible, **1514***
 globulina, 1088
 glóbulo blanco, 234, 1680, 1710, 1844
 glóbulo rojo, 722, 1005, 1089, 1602, 2731, **2777**
 glockenspiel, **1733**
 glucocorticoides, **1513**
 glomérulo, **2778**, **3227**
 - ollativo, **2215**, **2298**
 - renal, **980**, **984**, **1512**
 glosas, **1716**
 glossina, **1161**
Glossopteris, 949, 2441
 glotis, 1004
 glucagón, 1122, 1521, **1644**, **2398**
 glucemia, **981**, 1109
 glúcido, 180, 430, 587, 687, 1392, **1518***, 1850, 1936, 2058, 2396
 glucogénesis, **1523**
 glucógeno, **157**, 980, 1512, **1518**, **1522***, 2061, 2398
 glucogenólisis, **1523**
 glucogenosis, **1523**
 glucolípido, **1851**
 glucolisis, **1521**, **2059**
 - anaerobia, **2060**
 gluconato de aluminio, 296
 glucopiranosas, 1230
 glucocorticoides, **858**
 glucosa, **157**, 182, **430**, 459, 471, 1519, 1522, 1556, 1830, 2806
 glucosafosfato, 1521
 glucostato, 1644
 glucosuria, 981
 gluma, **277**, **677**
 gluones, 590, 1336, 1409, 2630
 glutamato de sodio, 182
 gluten, **277**
 gnatencéfalo, **285**
 gneis granítico, **822**
 gobio pigmeo, 2417
Golden Jubilee, 1403
 goleta, 1110
 golfo, 1961
 golondrina, 385
 goma, 374, 1074, 1660
 - buna, **1076**
 - de silicona, **2871**
 - estireno-butadieno, **1076**
 - laca, 2486
 - metálica, 1077
 - nitrílica, 1077
 - roja, **1406**
 - sintética, **1076**, 1365, 1592, 1854, 2466
 - sintética de SBR, **2516**
 gomaespuma, 2139
 gomón, **386**
 gónada, **284**, 908, **1508**, **1644**
 gonadotropinas, **788**, 1124, **1640**, **3063**
 góndola, **400**
 - de identificación, 429
 - de navegación, 429
 Gondwana, **620**, **873**, **946**, **1787**, **2057**, 2440
 goniátites, **2395**, **3174**
 goniolente, **1371**
 goniómetro, 1832
 gonococo, 1323
 gonorrea, 1158, **1162**
 gonosoma, **1156**, 1461
Gonyaulax, 139
 gorgojo, **958**
 gorila, **221**, 240, **1630**
 gorjeadores, **387**
Gossypium, 148
 gota, **1154**
 gótico, 536
Goyaulax polyedra, 2491
 grabación, **1912**
 - estereofónica, **1025**, **1228**
 - lateral, **1024**
 - magnética, **707**
 - monoaural, **1025**
 - monofónica, 1229
 - óptica, **599**, **707**, **2928**
 grabado, **102**, 103
 grabadora de cinta, **820**, 2315
 graben, **1287**
 gradiente, **951**
 - de presión, 1146
 - de temperatura, 1799, 1887
 - geotérmico, **1139**, **1149**, **2791**
 - térmico, 2256
 grados de Papanicolau, 610
Graellsia isabellae, **225**
 grafismo, **1666**
 grafito, **100**, **881**, 1009, 1090, 1646, 1800, 1879, 2075, 2122
 grafo, **2734**, **2738**
 - de la función, **1412**
 grafos, 2307
 grahamita, 291
 gramíneas, 676, 1823, **2512**, 3178
 gramma, **1626**
 gramo, 2047
 gramófono, **166**
 gran angular (fotografía), **594**
 Gran Cúmulo de Virgo, 915
 Gran Cañón del Colorado, **1476**, **1493**, 1538
 Gran Carro, **804**
 Gran Mancha Roja, **1783**
 Gran Nebulosa, 2232
 Gran Nebulosa Espiral, **1434**
 Gran Nube de Magallanes, 915
 Gran Sirte, **1970**
 grana, **742**
 granada, 636, **1807**
 granate, 1939
 granito, 612, 710, 880, 1009, **1496**, **2474**, **2786**
 granizo, 82, 84, **790**, 1895, **2249**
 grano (de la piel), **902**
 granulitas, 2789
 granulocito neutrófilo, **136**
 graptolitos, **2342**, **2875**, **3258**
 grasa, 155, 627, **1850**, 3314
 - animal, **1850**, 2484
 - de ballena, 1879
 - de cerdo, 1879
 - grafitada, 447
 - insaturada, **1850**
 - saturada, **1850**
 grasilla, **2506**
 grauvaca, 621
 grava, **382**
 gravedad, 1181, 1408, 1997, **2747**
 - ausencia de, 306
 - terrestre, 1443
 - y gravitación, **1524***
 gravicémbalo, 2472
 gravilla, **382**
 gravimetría, **1470**, 1495
 gravímetro, **1471**, **2996**, **3058**
 gravitación universal, 196, **2018**
 gravitón, 1331, 1336, 1409, **1525**, **2630**
Griethoria nathorsti, **1787**
 grifo, **1727**
 gripe, 1158, 1323, **1526***, **1540**, 1774
 - española, **3302**
Griethoria nathorsti, **1787**
 grísú, **2082**
Gros Michel, 1404
 grúa, **3293**
 - automóvil, **1528**
 - cable, **1528**
 - de bandera, **1529**
 - de caballete, 1065
 - derrick, **1528**
 - en trípode, **2691**
 - giratoria, **1529**
 - puente, **1528**
 - torre, **1065**, **1528**
 - y aparatos elevadores, **1528***
 grulla americana, **224**, **227**
 grúpide, **1530**
 grupo, **1262**, **144**
 - abeliano, **1531**, 2008
 - alcohólico, 1521
 - alquílico, **1300**
 - amínico, **180**, 182, **2598**
 - antiincendio, 1670
 - carboxílico, **180**, 182
 - concreto, **1530**, **2142**
 - continuo, 1533
 - del carbono, **1220**, **2530**
 - del platino, **2073**, **2526**
 - electrógeno, 577

fosfato, 966
hemo, 2152
hidróxilo, 180, 2381, 2598
inferior, 2190
local, 1434
- oxidrilico, 1191
oxidrido, OH, 1300
sanguíneo, 2042, 3150
- topológico, 1197
grupos, anillos y cuerpos, 1350*
grus americana, 227
grutas y cavernas, 1534*
quacamayo, 223
guanilato, 2154
guanina, 486, 966, 2007, 2758
guano, 2907
guardas, 1121
guarismo, 150
guata, 148
gubia, 732, 2958
guepardo, 1860
guerra bacteriológica, 1540*
de la galaxias, 2822
electrónica, 393
- Mundial, I, 1318, 1543, 1980, 2212, 2406, 3118
- Mundial, II, 1421, 1560, 1980, 2212, 2406, 3119
química, 1542*
guía de onda, 559, 2101, 2102
guisante, 860, 1822
guitarra, 1544*
- acústica, 1544
- clásica, 1544
- eléctrica, 1545, 1736
latina, 1544
morisca, 1544
gujarati, 1824
gumilla, 677
gusano, 1546*, 2508
- de fuego, 1547
- de seda, 2832, 1318
metamérico, 217
- nematelminto, 2409
plateelminto, 2409
Sabella, 1547
tubificado, 1547
gusto, 2298, 2426
- sentido del, 1550*, 1556
guyots, 1960
Gymnodinium, 141

H

haba, 1822
hábitat, 226
hadrón, 1336, 1991, 2631
hadrosaurios, 3086
Hadrosaurus, 1014
Haepaticeae (hepática), 528
hafnio, 710, 1805, 3163
halcón, 386
- común, 387
- de Fleonor, 389
- peregrino, 226
halford, 1403
Halictus scabiosae, 11
halitosis, 997
halo, 1433
- galáctico, 3269
halocarburos, 2383
halógeno, 522, 540, 814, 1396, 1552*, 2070
halogenuro, 1552, 2073, 2345
halotano, 206
hambre, sensación de, 1556*
hamma, 1612
hamster, 1582
haplocoro, 220
hardware, 575, 1320, 1691, 2316, 2318, 2590
harina, 2396
harinógrafo, 2397
haya, 239, 524

haz, 1620
- de referencia, 1626, 1628
- objeto, 1626
Head-Up-Display, 392, 428, 429
Headonense, 1940
hebiada, 2249
helecho, 1773
- macho, 1570
Polypodium, 1213
hélice, 403, 1558*, 1560, 1590, 1654, 2020
aíla, 2154
circular, 917
- de paso variable, 396
- entubada, 403
estabilizadora, 555
helicidad, 1712
helicóptero, 404, 419, 515, 549, 1560*, 2121, 2482, 3161, 3248
antisubmarino, 549, 892
Helichrysum, 956
helio, 332, 523, 591, 710, 874, 1423, 1443, 1444, 1448, 1494, 1514, 1552, 1597, 1600, 1812, 1843, 1916, 2156, 2373, 2374, 2457, 2910, 2946, 3218, 3254
- I, 877
- II, 877
heliografía, 1026, 1376
Helios (satélite), 1918
hemangioendoteloma, 607
hematite falciforme, 497
hematites, 1455, 1600, 2374
hematología, 2039
hembra, 1564*, 1575, 1898
hemeroteca, 463
hemimetábola, 2080
hemiptero, 117, 1717
hemisferio cerebral, 682
hemocelo, 284
hemocianina, 284
hemodialisis, 984
hemodializador, 474
hemofilia, 1157, 1566*
hemoglobina, 180, 486, 722, 751, 1089, 1601, 1602, 2003, 2211, 2601, 2812
hemolinfa, 284, 1717
hemorragia, 296, 730, 1566, 1678, 2050
hemosiderina, 1601
hemostasia, 730
hemotecas, 2346
hemoterapia, 3150
heno, 538, 1392, 2513
hepática (planta), 1212, 2507
hepatitis, 1568*, 1603
- alcohólica, 129
- infecciosa, 1568
- sérica, 1568
- vírica, 137, 457, 1158, 1568
hepatocito, 1603
heptano, 1451, 2083, 2468
herbario, 1570*
herbicida, 224, 679, 818, 932, 1301, 1542, 1572*, 1712, 2508, 2646
- de prefloración, 1572
- edáfico, 1572
- foliar, 1572
- selectivo, 1572
- total, 1572
herbívoros, 503, 1048
herbolario, 530
Hércules, 804
herencia, 1464, 1574*
biológica, 1458
- genética, 1926
hermafrodita, 894, 1298, 1546, 1575, 2409, 2505
hermafroditismo, 1564, 2859
heroína, 127, 458
herpes, 1576*
genital, 1162, 1576
- genital recidivante, 1162
- simple, 1189, 1576
- virus, 2162
- virus hominis, 3037
herramientas y

máquinas herramienta, 1578*
herrumbre, 852, 1436, 2374
hertz, 166, 1081
hertzio, 819
hesperidio, 1403
heterocigosis, 1898
heterocigoto, 1458
Heterodera schachtii, 1549
Heterodontosaurus, 1012
heterometábolo, 1717
heterosis, 1584
heterostegina, 1369
heterotrofismo, 2004
heterótrofo, 138, 528, 1048
Hevea brasiliensis, 527
hexafluorofeno, 963
hexactinélida, 1752
hexano, 208, 1451, 2083
- normal, 1029
hexeno, 1451
Hiades, 913
hialuronidasa, 832
hibernación, 1582*, 2114, 3050
hibridación, 679, 1584, 1831
híbridos, 1167, 1584*, 1923
- experimentales, 77
hidra, 1750
hidratación, 80, 1264
hidrato de carbono, 157, 246, 496, 1002, 1302, 1404, 1518, 1522, 2396, 2398, 3314
hidrato de cloral, 133
hidráulica, 1586*
hidroala, 1590*, 3139
- de combate, 549
hidroavión, 399, 396, 2558
hidrocarburo, 130, 290, 353, 492, 644, 744, 819, 987, 1141, 1264, 1303, 1441, 1442, 1451, 1592*, 1594, 1597, 1878, 2297, 2346, 2462, 2466, 2650, 2716, 3054
- alifático, 178, 1593
- aromático, 1450, 1593, 2646
- bencénico, 1593
- saturado, 130, 131
- sintético, 1594*
hidrocefalia, 2031
hidrocortisona, 858
hidrocultivo, 1598
hidrodinámica, 1586
hidrofobia, 2442, 2652, 3234
hidrofoil, 1590
hidrófono, 2121, 2289
hidroformilación, 2381
hidrogasificación, 494, 1138
hidrogenación, 644, 1966
- del carbón, 1451
hidrógeno, 78, 79, 100, 101, 127, 178, 179, 180, 208, 260, 332, 353, 472, 760, 780, 1140, 1264, 1422, 1442, 1445, 1451, 1494, 1514, 1592, 1594, 1596*, 1600, 1762, 2252, 2456, 2598, 2910, 3254
- interno, 131
- licuado, 590
- líquido, 2690
- metálico, 1784
- pesado, 100
- terminal, 131
hidrogeología, 1539
hidroideos, 1752
hidrolasas, 1170
hidrólisis, 430, 494, 1170, 1901, 2113, 2398
hidrología, 1470, 1474
hidromiel, 2113
hidronalio, 173
hidropesía fetal, 2776
hidroplano, 1113
hidropónicos, cultivos, 1598*
hidroquinona, 1301, 2469
hidrorreactores, 3246
hidrosfera, 854, 1476, 1497, 2376, 2383, 2566
hidrostática, 1586, 1789
hidroxipatititis, 940
hidróxido, 2375
- amónico, 26

- cálcico, 26, 568
- de aluminio, 170, 171
- de hierro, 853
- de magnesio, 26
- potásico, 26, 31
- sódico, 26, 31, 1981, 2502
hidroxilamina, 2252
hidróxilo alcohólico, 179
hidroxiprogesterona, 859
hidruro de litio, 1855
- metálico, 1597
- volátil, 1597
hielo, 1179, 2040, 2248
- carbónico, 874
- glaciar, 1504
- seco, 458
hiena parda, 225
hiénidos, 1452
hierba, 1392, 2512
- medicinal, 860
hierro, 134, 272, 276, 602, 711, 807, 880, 1009, 1092, 1102, 1191, 1310, 1417, 1437, 1494, 1600*, 1646, 2062, 2268
- dulce, 1095, 1221, 2374, 2508
- elaboración del, 239
- fundido, 806
- polvo de, 475
hifas, 479, 528, 2509
hígado, 128, 129, 907, 980, 1003, 1005, 1238, 1523, 1568, 1602*, 1746, 1850, 3166
higiene, 1604*, 1726, 2029
- dental, 997
higrómetro, 2086, 2088
higuera, 2539
hilados, 1608*
- de anillo, 1609
- sin fin, 1609
hilara, 1267
hilatura, 1608
hilio, 456
- pulmonar, 2621
himalayo, 1452
himenio, 1211
himenóptero, 1636, 1716
hipérbola, 916, 1359, 1876
- equilátera, 1360, 1867
hiperboloide, 1361
hipercolesterolemia familiar, 1157
hipercurva, 1741
hiperglucemia, 858
hiperhidrosis, 964
Hiperión (satélite de Saturno), 2829
hiperión (partícula subatómica), 1334
hipermetábolo, 1717
hipermotropía, 1428, 2293, 3311
hiperparalelepípedo, 977
hiperquinesia, 137
hipersuperficie, 1741
hipersustentador, 407, 413, 3325
hipertensión, 127, 1154, 1604, 2044, 2578
hipertiroidismo, 3088
hiperventilación, 297
hiping, 1357
hipnosis, 1610*
hipocampo, 2049
hipocausto, 1612*
hipocentro, 3058
hipoclorito sódico, 963
hipocófilo, 2848
hipocondrio, 456
hipodermis, 965
hipófisis, 908, 973, 980, 1108, 1123, 1508, 1512, 1614*, 1640, 1644, 2114, 2410, 2733, 3051, 3062, 3089
hipoglucemia, 981
hipogonadismo, 3063
hipomenorrea, 2051
hipóstasis, 2042
hipotálamo, 296, 489, 542, 680, 907, 1124, 1322, 1508, 1512, 1556, 1615, 1644, 2298, 2733, 3063
hipotensión, 764, 2578
hipotensor, 127
hipotermia, 1583
hipotermia repetitiva, 318
de la columna, 1742
1783
- tolerancia, 318
hipotiroidismo, 766, 3088
hipovitaminosis, 156
Hippotamus major, 898
hipocóndeo, 663, 1931
hirudíneo, 1546
histamina, 137, 1513, 1774
histerecromía, 1498
histéresis, 1094
histena, 1086
histidina, 181, 885, 2155, 2414
histocho, 136
histoquímica, 83
histología, 190, 531, 1616*, 2039
histona, 654, 890
hogar, 920
hoja, 246, 1620*
- acicular, 1621
- acorazonada, 1621
- aserrada, 1621
- astada, 1621
- enduca, 246, 1902
- compuesta, 1621
- coriácea, 524
- dentada, 1621
- electrónica, 1749
- elíptica, 1621
- estapada, 1621
- festoneada, 1621
- lanceolada, 1621
- lineal, 1621
- lobada, 1621
- o capa embrionaria, 1123
- obovada, 1621
- palmada simple, 1620
- parafelinervia, 1620
- peltada, 1620
- perenne, 246, 1902
- pinnada, 1822
- redonda, 1621
- reiforme, 1621
- sagitada, 1621
- simple, 16219
- trifoliada, 1620
hojalata, 1220
holco lanoso, 2513
holofonia, 1229
holografía, 1229, 1370, 1626*, 1813, 1889
- acústica, 1628*
- óptica, 1628
holograma, 1626, 1628, 1889
- acústico, 1629
holometábolo, 1717, 2080
holoplancton, 2491
holoproteína, 2598
holoturia, 482
holoturoideos, 1173
hollín, 862, 1539
homarus (bogavante), 37
hombre, 219, 1230, 1630*, 2568, 2698
- de Cro Magnon, 238
- de Neanderthal, 396, 1280, 1578, 1630, 2568
homeomorfismo, 825, 919, 1489, 2547, 2736, 3104
homeopatía, 1634*, 2035
homeostasis, 693, 858, 1063, 1347, 1154, 1513, 1640, 2896
homeotermia, 218, 662, 964, 1928
homeotermo, 3051
hominido, 219, 240, 241, 738, 898, 1280, 1622, 1630, 1928, 2568
homínido, 2569
homo, 240
- erectus, 1280, 1630, 238, 241
- habilis, 1280, 1578
- sapiens, 241, 663, 1280, 1578, 1624, 1630, 2568, 2698
- sapiens sapiens, 738, 899, 1280, 1622

- homocigoto, 1458
homomorfismo, 144, 1200, 1531, 1868, 2010
homóptero, 1718
honda celeste o planetaria, 1068
hongo, 528, 686, 1158, 1160, 1290, 1392, 1830, 2144, 2508
 atómico, 509, 1897
 microscópico, 503
 Neurospora, 1213, 1459
 parásito, 2507
 saprofita, 2507
 Synchythum, 2508
hopcalita, 1981
horizonte artificial, 2227
hormiga, 1636*
 - de las mieses, 1719
 - depredadora, 1720
 - obrera, 1636
 - parasol, 1636, 1719
 - reina, 1636
 - tejedora, 1636
hormigón, 270, 382, 604, 660, 701, 807, 808, 1064, 1638*, 2474, 2573
 armado, 270, 381, 1638, 2613
 - en masa, 1638
 - pobre, 700
 - polímero, 1639
 - prefabricado, 1638
 - pretensado, 1639
hormigonera, 661, 1065, 1638
hormiguero, 1636
hormigón, 1640
hormona, 179, 180, 183, 488, 858, 908, 932, 1003, 1122, 1347, 1459, 1508, 1510, 1512, 1523, 1556, 1614, 1640*, 2028, 2038, 2081, 2240, 2252, 2346, 2410, 2508, 2600, 2812, 3062, antidiurética, 980
 - del crecimiento, 434
 1700
 - esteroide, 1513
 - femenina, 832
 - glandular, 1644
 - gonadotropina, 2733
 - intestinal, 2399
 - juvenil, 2081
 - lipídica, 1124
 - luteinizante (LH), 52
 - proteica, 1124
 - tiroidea, 3088
 - tisular, 1644
hornblenda, 2392
hornillo eléctrico, 754
horno, 1646*
 alto, 272, 617, 1416, 1600, 1646, 2076
 - de calcinación, 170
 - de calor aislado, 755
 - de carbón, 1649
 - de cerámica, 1648*
 - de haz electrónico, 1647
 - de inducción, 1647
 - de microondas, 755, 2300
 - de oxígeno, 1646
 - de túnel, 1649
 - eléctrico, 755, 1646, 2103
 - holandés, 754
 - Martin Siemens, 1417, 1646, 2076
 - solar, 1152
norquilla, 465, 1780
 oscilante, 2176
norst, 1287
hortaliza, 1598, 1770
hospital, 1650*
 - especializado, 1652
 - general, 1650
 - psiquiátrico, 1652
hovercraft, 1654*, 3139, 3247, 3248
hovertram, 2192
HPLC (cromatografía líquida de alta presión), 884, 1793
HTCR (central nuclear), 668
HTSP (pasteurización), 2412
HUD (aviónica), 426
huacograbado, 1186, 1664, 1837, 2796
huella dactilar, 2043
huerto, 74, 1770
hueso, 278, 906, 994, 1656*, 1676, 1897
 - corto, 1657
 - ganchoso, 1780
 - hioides, 2355
 - irregular, 1657
 - largo, 1657
 - mastoideo, 343
 - metacarpiano, 254
 - plano, 1657
 - sesamoideo, 1657
huésped, 1154, 2408
huevo, 1174, 1438, 1658*
 - amniótico, 843
 - centroeclítico, 1658
 - oligoeclítico, 1658
 - teloeclítico, 1658
hulla, 617, 1440
humectante, 940
humedad, 82
 - absoluta, 2256
 - relativa, 2256
húmero, 281, 1657
humor, 476, 2027
 - acuoso, 1428, 2292, 3309
 - vítreo, 1428
humus, 525, 2253, 2940, 3244
huracán, 694, 2825
hurón, 224
huso, 1609, 2982
 - acromático, 890
Hyaena crocuta spelaea, 898
Hyaenodon, 663
Hydrocaris morsus ranae, 39
Hypna elegans, 2504
Hypohippus, 2391
Hypsilophodon, 1013
Hyracotherium, 2391
I
Iberia, 1352
Iberis, 1772
ibis ermitaño, 225
IC (circuito integrado), 718
ICAM (producción integrada asistida por computador), 349
ICBM (misiles tierra-tierra intercontinentales), 2136
iceberg, 85, 1500, 1507
iconoscopio, 3015
Ictalurus punctatus (pez gato estriado), 36, 37
ictericia, 1088, 1568, 1603
ictiosaurios, 1786
ictiostégidos, 333
ichnología, 2391
Ichthyostega, 3050
 cigeli, 979
idealismo, 2272
identidad, 1056, 2738
 - de Euler, 3033
Idus, 579
IFP (Identification Friends or Foe), 429
IFR (Instrumental Flight Rules), 3132
ignimbrita, 3321
igualdad, 1056, 2738
iguanodón, 1014, 2057, 2393, 3086
ileon, 1005, 1746
Ilex paraguayensis (cola), 126
ilmenita, 3090
ILS (instrument landing System), 428
illita, 2392
imagen gammagráfica, 2038
 homomorfa, 1200
 latente, 1378
 negativa, 2095
 - real, 1628, 2302
 termográfica, 1755
 virtual, 1628, 2302
imagen, 12, 1643, 2080
imán, 504, 1079, 1092
 - fijo, 168, 169
 - natural, 544, 1600, 1908
 - permanente, 1910
 - polo norte, 544
 - polo sur, 544
 - polos del, 504, 602, 603
imantación, 1601
IMAO (inhibidores de monoaminooxidasa), 942
imipramina, 944, 1236
Impatiens biflora, 471
impedancia, 2096
impermeabilización, 291, 1660*
impétigo, 1158
implosión, 3228
imprensa, 478, 1662, 1776, 2402, 2432
 - tipográfica, 1836
impresión, 1662*, 2796
 - en offset, 1664, 1666*
 - en relieve, 1662
 - planográfica, 1664
 - simultánea, 2437
 - sin tacto, 1669
impresora, 1685, 1687, 2315, 2316, 2336, 2590
 - de láser, 1669, 2330
 - por contacto, 1669
 - serie, 2330
impronta, 242, 245
impureza, 1342
 intersticial, 881
 por sustitución, 881
inca, 2270, 2278
incandescencia, 1884
incendio, lucha contra, 1670*
inciensio, 940, 2430
inclinómetro, 3058
inconsciente, 2609
incrustación, 2959
incubación, 765
incunable, 1836
indicador, 3092
 - del pH, 2471
índice de diversidad, 1280
 - de refracción, 835, 1315, 2302, 2461, 2584, 2723
 - de viscosidad, 1878
índigo, 772
indio, 1767, 2344
indo-iraní, 1824
indometacina, 189
inducción, 366, 505, 696, 1079, 1184
 - electromagnética, 1095
 - magnética, 3148
inductancia, 505, 713, 2362
inductivismo, 698
inductor, 505, 719
industria petroquímica, 1318
 química, 2040, 2502
 textil, 1318
inercia, 1410, 1674*
 - química, 1792
 - térmica, 1692
infancia, 1676*
infanticidio, 238
infarto, 1678*, 2040
 - de miocardio, 1088, 1678
infección, 1300, 1313, 1323, 1604, 1680*, 1708, 2044, 2636, 3064
 - aerógena, 1158
 - de *Uromyces*, 2510
 - difusa, 3305
 - focal, 1681
 - latente, 3305
 - viral, 2162
inferencia estadística, 1234
infinita normal binomial, 1484
infinita normal principal, 1484
infinitésimo, 194, 196, 197, 950, 1683
infinito, 826
 actual, 1682
 - matemático, 1682*
 - numerable, 826
 - potencial, 1682, 1986
 - real, 1986
inflación, 1011
inflorescencia, 1352
influenza, 1526
influrio, 1636
información, 1684*
 - genética, 968
 - recuperación de la, 1686*
 - teoría de la, 1688*
informática, 151, 257, 574, 1684, 1690*, 1759, 2011, 2143, 2325, 3004
información retrieval, 1686
infrarrojos, rayos, 584, 768, 1692*
infrasonido, 46, 1203
infrutescencia, 1402
infundíbulo, 1438, 1927
ingeniería, 1176, 1685, 1687, 1696*, 1758, 1985
 - aeronáutica, 1696
 - astronáutica, 1696
 - civil, 2572
 - de comunicación, 1698
 - de minas, 1698
 - de proyectos, 1699
 - de sistemas, 1699, 2898
 - eléctrica, 1698
 - electrónica, 1698
 - genética, 489, 499, 532, 1291, 1700*, 1721, 2032, 2422
 - mecánica, 1696
 - metalúrgica, 1698
 - naval, 1698
 - nuclear, 1698
 - oceanográfica, 1704*
 - química, 1698, 2503
 - sanitaria, 1698
inglúvies, 2113
inglúvio, 285
inhalación, 207, 2620, 2718
inhibidor, 1567
inicialización, 2325
injerto, 1405, 1706*
 - de asiento, 1707
 - de celda, 1707
 - de corona, 1707
 - de escudete, 1707
 - de hendidura, 1707
 - de ojo durmiente, 1707
 - de puente, 1707
 - de púa, 1707
 - de sileta, 1707
 - de yema, 1707
 - homogéneo, 1706
 - inglés doble, 1707
 - inglés simple, 1707
 - normal, 1706
 - por aproximación, 1706
injerto (medicina), 1708*
 - cutáneo, 1709
 - sintético, 1709
inlandsis, 1505
inmunidad, 234, 1710*, 2163, 3234
 - activa, 1711
 - adquirida, 1711, 2404
 - celular, 235
 - congénita, 2404
 - humoral, 235
 - natural, 1711
 - pasiva, 1711
inmunización, 137
inmunógeno, 136
inmunología, 1189, 2028
inmunosupresores, 3165
inmunoterapia, 1756
innatismo, 2427
inquilismo, 484
insecticida, 224, 626, 818, 1303, 1720, 2646
 - sistémico, 930
insecticidas y otros plaguicidas, 1712*
insectívoros, 663
insecto, 116, 218, 285, 1050, 1269, 1716*, 1750
control biológico, 1720*
fósil, 1368
gigante, 1369
ojo compuesto de un, 283
 - parásito, 1721
 - pala de un, 283
 - social, 1719
inseminación, 788, 1298
 artificial, 227, 2454
insolación, 736
insonorización, 49, 1722*
inspiración, 2622, 2774
instalación eléctrica, 1724*
instalación sanitaria, 1726*
instinto, 1268
instrumentística, 2045
instrumento analógico, 2313
 musical, 1730*, 2880
 quirúrgico, 726
instrumentos musicales eléctricos y electrónicos, 1734*
insulina, 434, 489, 705, 980, 1290, 1295, 1521, 1700, 2601
 - de buey, 183
 - de caballo, 183
integración, 1052
intégrafo, 257
integral, 195, 837, 951, 1683, 2308
 concepto de, 256
 curvilínea, 1741
 de Lebesgue, 1741
 definida, 194, 196, 1739, 2206
 - doble, 258, 1741
 - general, 1052
 impropia, 1738
 indefinida, 196, 1739
 inmediata, 1740
 múltiple, 1741
 teoría de, 196
integrales, 1738*
inteligencia, 219
 artificial, 1742*, 2784
 - de máquina, 1742
 - del primate, 2581
 - humana, 1742
intensidad, 792, 819, 1079, 3148
 - acústica, 44
 - de la corriente, 1144, 3098
 - de la luz, 2046
 - del sonido, 2926
interferencia, 1886
 proactiva, 2048
 retroactiva, 2048
interferencia e interferometría, 1744*
interferómetro, 1813, 2744
 - de Michelson, 1745
interferón, 1089, 1323, 1681, 2031, 1700, 3305
interfono, 3000
interpolación, 215
 - mediante ordenador, 214
interruptor, 366, 1034, 1143
 diferencial, 3098
intersexualidad, 2859
intervalo, 1182, 1738
 abierto, 919
 de confianza, 828
intervención quirúrgica, 1681, 1708
intestino, 1002, 1508, 1602, 1746*
 - delgado, 907, 1003, 1004, 1239, 1746, 2398
 - grueso, 907, 1004, 1746
intrados, 250
intrusión salina, 105
intuicionismo, 1986
intususcepción, 3190
invar, 1008
invernadero, 1612
invernadero, 72, 1071, 1748*
 caliente, 1749
 - de tipo parra, 1749
 - de túnel, 1749
 - en capilla, 1748

- fresco, 1749
- frío, 1749
- intermedio, 1749
- plano, 1748
inversión, 1214, 2113, 2145
- del azúcar, 430
invertebrado, 282, 601, 894, 1546, 1750*
- triblástico, 1750
investigación aplicada, 1754
- fundamental, 1754
- médica, 1754
- operativa, 1758*, 1985, 2143, 2448, 2594, 2899
- submarina, 1704
inyección, 2736
- electrónica, 357
inyector, 15, 355, 410, 1224, 2184
Io, 1784
ion, 171, 591, 592, 741, 814, 1090, 1342, 1363, 1764, 1918, 1999, 2070, 2146, 2267, 2372, 2470, 2479
- amónico, 1763
- amonio, 30
- calcio, 2208
- cloro, 468
- fenóxido, 1300
- férrico, 2290
- hidronio, 26, 30
- hidroxilo, 30
- libre, 3110
- negativo, 171, 1166, 1552, 1762, 3110
- oxhidrilo, 852
- positivo, 171, 1166, 1762, 2062, 3110
- potasio, 468
- sodio, 468
iones, 1762*
iongramo, 29
ionización, 592, 1762, 1764, 1800, 1914, 2515
- cámara de, 1764*
- selectiva, 1813
- teoría de, 28
ionosfera, 229, 330, 1762, 1877, 1918, 2101, 2664, 2682
iperita, 1543, 1981
iproniazida, 945
IRBM y MRBM (misiles tierra-tierra intermedios), 2136
iridio, 1443, 1976, 2047, 2072, 2384, 2526, 2533
iris, 125, 1226, 1828, 2292, 3309
irradiación, 3039
isla volcánica, 1960
islotos de Langerhans, 1123, 1508, 2398
isobara, 453, 641, 1942, 2088, 2577
isobutano, 67, 1447
isocarboxácida, 945
isodensímetro, 2155
isógona, 545
isoinjerto, 1709
isoleucina, 182
isomerasas, 1170
isomería, 1230
- óptica, 1231
isomerización, 1170
isómero, 131, 209, 1230, 1300, 1792, 1879, 2381, 2649, 3097
- cis, 1966
- trans, 1966
isomorfismo, 144, 1061, 1200, 1760, 2010, 2142, 2275
- algebraico, 2736
isooctano, 1451, 2462
isópodos, 2490
- terrestres, 895
isopreno, 3054
isoprenoide, 3054
isoprotrenol, 1236
isostasia, 822
isotermas de Andrews, 1999
isótopo, 260, 264, 337, 523, 626, 778, 1106, 1348, 1422, 1554, 1600, 1766*, 1813,

1978, 2265, 2392, 2456, 2660, 2684, 2952, 3108, 3162
- de positrón, 1767
- enriquecido, 509
- radiactivo, 498, 509, 610, 924, 1281, 1617, 1623, 1756, 1896, 1917, 2038, 2668
- trazador, 1766
isquemia muscular, 1033
itrio, 1316, 1804, 1956

J

jabalí común (*Sus scropha*), 674
- de río (*Potamochoerus porcus*), 674
- marismero, 675
- verrugoso (*Phacochoerus aethiopicus*), 674
jabón, 522, 862, 974, 1265, 1768*
- bruto, 1768
- de afeitar, 863
- fino, 1768
- metálico, 1768
jacinto, 1226
- de agua, 472
jaculus jaculus, 959
jade, 2126
jaguar, 223
jalea real, 12
jamba, 250, 271
japeto, 2828
jaqueta, 1774*
jaquetón, 3066
jarabe, 1291
- de arce, 430
- de glucosa, 430
- de sorgo, 431
jardín, 1770
- botánico, 1748
- rocoso, 1772
- zoológico, 227
jardinería y horticultura, 1770*
Jarravia oblonga, 2395
jebe, 527
jirafa, 844, 1270
judía, 70, 1822
jugo digestivo, 1295
- entérico, 1746
- gástrico, 1002, 1004, 1238
- pancreático, 2398
joke-box, 1778*
joke-house, 1778
joke-joint, 1778
julio (unidad de energía), 586, 2643
junco chino, 550
juncus acutus, 124
juncus maritimus, 124
jungla, 3242
jungle rot, 1160
junta articulada, 1781
- cardánica, 360, 1780
- de Oldham, 1781
- elástica, 1780
- Giubo, 1780
- Hardy, 1780
- homocinética, 1781
- rígida, 1781
- universal, 1780*
Júpiter, 325, 323, 864, 1069, 1782*, 2231, 2234, 2456, 2500, 2535, 2895, 2922, 2976, 3074
Jurásico, período, 542, 600, 663, 872, 978, 1751, 1786*, 2056, 2393, 3086

K

kainita, 2562
kamikaze, 512
kanamicina, 231
kaones, 1334
karst, 81
kauri, 2484
kayak, 1110
Kentrurosaurus, 2930
Kenypithecus, 241, 1281
keroseno, 1841
kilate, 987
kilocaloría, 155
kilogramo-patrón, 1977
kilopondio, 2456
kilotón, 265
kilovatio, 1145
kimberlita, 986, 1857
kirsch, 128
kiwi, 221
Klebsiella pneumoniae, 2255
klystrón, 1101, 2100, 2199
koala, 1929, 1969
Kochab, 324
krill, 689, 2492
kriptón, 2047, 2374
kudú, 1931
- mayor, 844
kurtschatovio, 3162
kwashiorkor, 152

L

laberinto, 341
Laberintodontes, 622
labio leporino, 732
laboratorio espacial, 306, 1788
- físico y químico, 1788*
- fotográfico, 1794*
laca, 626
Lacerta, 217
lactalbúmina, 181
lactancia, 1510, 1640
- materna, 1565
lactario lanuginoso, 2856
lactato, 1520
lactosa, 430, 1521, 1523, 2061, 2640, 2806, 3340
ladrillo, 807
- hueco, 806
- macizo, 806
- refractario, 1649
lagarto, 2761, 842
Lagenorhynchus obscurus, 935
lago, 1796*
- artificial, 1796
- cárstico, 1798
- de barrera, 1798
- de circo glaciar, 1796
- de dolina, 1796
- de excavación glaciar, 1796, 1798
- de ladera, 1797
- de origen tectónico, 1797
- eutrófico, 818, 1799
- intermitente, 1796
- meteorítico, 1798
- oligotrófico, 1798
- salado, 1797
- subterráneo, 1798
- volcánico, 1797
lagomorfos, 663, 1931
lágrima, 1508
laguna, 1656
- aerobia, 93
- anaerobia, 93
- de afino, 93
- de estabilización, 93
- facultativa, 93
- primaria, 93
- secundaria, 93
lahares, 3321
lambda (partícula), 1339
lamelas, 1656
lamelibranquios, 216, 601, 979, 2159
laminación, 2068
laminado en caliente, 3170
- en frío, 3170
- por calandra, 2520
laminador continuo, 3172
laminador cross-country, 3172
laminadora, 1905
Laminaria, 141
- sacharina, 38
lámpara de aceite, 1296
- de arco, 1800*, 2606
- de cuarzo-yodo, 520
- de gas, 582
- de incandescencia, 3337
- de mercurio, 2053
- de Nersnt, 1692
- de sodio, 521
- de tierra, 3099
- de vapor, 1801
- de vapor de mercurio, 521
- de Wood, 3206
- eléctrica, 1296
- fluorescente, 521, 1354, 1355, 1362, 1449, 2514, 3187
- fotográfica, 1449
- halógena, 1381
- incandescente, 1019
- solar, 2053
lamprea, 842, 2409, 2416
lampuga, 483
lana, 1802*, 1934, 2053
- de roca, 755
- de vidrio, 1324, 1598, 1723
Lance, 2136
lancha anfibia, 3246
- de desembarco, 553, 3246
- lanzamisiles, 549
- planeadora, 2190
LANDSAT (satélite), 1382
Langerhans, islote de, 980
langley (unidad), 736
langosta, 282, 285, 894
- migradora, 2117
langostino, 2452
lanolina, 1768, 1803
lantánidos, 1804*, 2952
lantanita, 1804
lantano, 1804, 1956
lantina, 2158
lanzacohete, 646, 1807
lanzagranadas, 1806*
lanzállamas, 1364, 2212
laparoscopia, 1569
lapeado, 2715
lapeador, 2715
lápiz electrónico, 2328
- luminoso, 1027
- magnético, 215
- óptico, 2317
Laplace, criterio de, 3031
laringe, 907, 1004, 2214, 2354
- artificial, 2349
laringitis, 1001
laringoscopia, 175, 206
Larus, 217
larva, 12, 894, 1643, 1720, 2080, 2112, 2409
larvados, 841
lasco, 1110
láser, 513, 518, 649, 882, 998, 1017, 1019, 1020, 1023, 1100, 1186, 1342, 1370, 1688, 1694, 1808*, 1826, 1838, 1889, 2130, 2199, 2327, 2328, 2819, 3008, 3027, 3147, 3283
- de estado sólido, 1315
- de gas, 1020, 1811
- de neón, 1811

- de sólido, 1811
Doppler, 2310
quirúrgico, 730
LASERCOM (Space Laser Communication System), 2992
laterita, 2941
látex, 127, 494
latido cardíaco, 510, 838, 1084, 2203, 2238, 2732
latín, 1824
latitud, 319, 322, 641, 1472, 1942
latón, 704, 748, 1009, 1074, 1221, 1436
Laurasia, 620, 873, 946, 2057
laurencia, 1107, 3163
láurico, 1937
Laurus camphora, 133
lava, 1455, 1534, 1938
lavado en seco, 1029, 1841
lavadora, 1816*, 1840
lavanda, 965
lavandera boyera, 2114
lavavañillas, 1818*
Lawson, criterio de, 1425
laxante, 1907
lazo, 3134
- de realimentación, 692
- triple, 2271
i-dopa, 1237
lead, 2435
Lebistes reticulatus, 36
lobel inglés, 2442
Lebreles, constelación de los, 324
lecitina, 1851, 2909
lector óptico, 735, 1022
- óptico OCR, 1685, 1820*
lectora de cinta magnética, 2316
- magnética, 2315
- óptica, 2315
lectura digital, 2752
- óptica, 1023
lechada, 1190
- de cal, 1907
- de magnesita, 1906
leche, 1510, 1936, 2638
- de magnesia, 26, 941
- pasteurizada, 2412
lecho de deslizamiento, 709
- de rodillos, 709
- unguet, 2476
LED, 1017, 1100, 1315, 1343, 2847, 3312
legumbre, 1822
leguminosas, 1402, 1822*, 2252, 2512, 2908
Leibniz, fórmula de, 776, 1052
leishmaniasis cutánea, 1160
- visceral, 1160
lejía, 1768, 1831
- bruta, 1768
leming, 2114
Lemur, 2580, 2772
- catta, 663, 1273
- macaco albifrons, 1273
- macaco collaris, 1273
- macaco fulvus, 1273
- macaco macaco, 1273
- macaco rufus, 1273
- macaco sanfordi, 1273
- mongoz coronatus, 1273
- mongoz mongoz, 1273
- volador, 1930
Lemúrido, 220, 1273, 1624
lengua, 1004, 1550
- (glaciar), 868
lenguado, 482
lenguaje, 1269, 1684, 2354
- compilado, 2319
- de máquina, 1743
- digital, 3004
- ensamblador, 2320, 2334
- humano, 1632
- interpretado, 2319
- máquina, 570, 2318, 2334
- y lenguas, 1824*
lengueta, 1732
lento, 1821, 1826*, 2106, 2110, 2276, 2606, 2714

- acústica, 1629
- anamórfica, 706
- biconcava, 1827
- biconvexa, 1827
- bifocal, 1429, 1827
- blanda, 1828
- convergente, 1428, 1826, 2276
- de aumento, 2305
- de contacto, 1429, 1828*
- de Fresnel, 344, 1827
- de Godman, 1370
- divergente, 1428, 1826, 2276
- electrostática, 2110
- en menisco, 1827
- esférica, 1827, 1829
- magnética, 2110
- monofocal, 1429
- multifocal, 1429
- negativa, 1826
- objetivo, 466, 3008, 3010
- ocular, 466, 3008
- óptica, 1629
- permanente, 1829
- planoconvexa, 1827
- positiva, 1826
- prismática, 1296
- progresiva, 1429
- lenteja, 1822
- leopardo, 223, 1270, 2422, 2423
- de las nieves, 224
- león, 1452
- asiático, 225
- de la caverna, 1624
- de montaña, 226
- León, constelación del, 325, 804
- leónidos (meteoritos), 2085
- Lepas, 2080
- Lepidodendróceas, 622
- Lepidodendron, 622, 2441, 2504
- lepidolita, 2392
- lepidolite, 1854
- Lepidópteros, 117, 1716
- Lepiota procera, 2854
- Lepomis macrochirus, 36
- Lepospondilos, 622
- lepra, 1155, 1160
- leptón, 1336, 1991, 2630
- Lepus californicus, 959
- leucemia, 456, 606, 607, 1897, 2041, 2162
- leucina, 181, 182, 885
- leucocito, 2812
- leucopenia, 3150
- leucoplasto, 655
- leva, 366
- levadopa, 2345
- levadura, 686, 803, 1302, 1523, 1830*, 2396, 2412, 3300
- maltosa, 1171
- química, 2396
- levantamiento geodésico, 1832
- hidrográfico, 1832
- oceanográfico, 1832
- planimétrico, 1832
- subterráneo, 1832
- topográfico, 1832*
- con satélite, 1834*
- levitación magnética, 2193, 2945
- léxico, 1824
- ley, 698
- de acción y reacción, 1224, 2012
- de Avogadro, 2146
- de Bell y Magendie, 698
- de Bernoulli, 54
- de Bode, 298
- de Boyle, 1998
- de Boyle Mariotte, 1444
- de conformidad de las álgebras de Boole, 800
- de conservación de la energía, 2750
- de Charles, 1998
- de Charles Gay Lussac, 1444
- de dualidad de las álgebras de Boole, 800
- de gravitación universal, 1524, 2748
- de Hooke, 1075
- de Hubble, 2632, 3215
- de inercia, 2012
- de Kepler, 1524, 2018, 2756
- de la gravedad, 2018
- de la gravitación, 2234
- de la Mecánica, 1468
- de Lambert Beer, 1207
- de Lane, 1241
- de las octavas, 2951
- de las propiedades múltiples, 334
- de los errores, 1217
- de los grandes números, 1217
- de Malthus, 2597
- de Maxwell, 2742
- de Mendel, 1464
- de Morgan, 1873
- de Ohm, 793, 1079, 1082
- de radiación del cuerpo negro, 910
- de recurrencia, 1058
- de simplificación, 144
- de Snell, 2723
- de Steno, 1941
- de Weber-Fechner, 2597
- de Wien, 910
- del dilema, 1873
- del movimiento de Newton, 2194
- leyes de Kepler, 322, 579
- de la Geología, 1476
- de la Termodinámica, 470
- de Morgan, 147, 800
- de Newton, 2012, 2500
- de Snell, 2584
- formales de la Aritmética, 262
- lezna, 1581
- LF (ondas largas), 2199
- LH (hormona luteoestimulante), 1644, 3062
- lianas, 1170
- libélula, 117, 2080
- gigante, 2394
- liber, 246, 1900
- libra, 1976
- Libra, constelación de, 804
- libra esterlina, 1010
- libro, 1684, 1836*, 2368, 2432
- de inventario y balance, 811
- diario, 811
- (estómago de los bovinos), 538
- mayor, 811
- xilográfico, 1836
- Licopodios, 622, 1212
- licor, 128
- amoniacal, 1440
- fuerte y seco, 128
- licuación, 79
- LIDAR, láser de impulso, 1838*
- lidocaina, 994
- liebre ártica, 222, 1227, 2843
- californiana, 222
- de mar, 2159
- variable, 222
- ligadura, 2592
- de trompas, 833
- ligamento, 278, 906, 1657, 1780, 2036
- ligasas, 1170
- lignina, 1231, 1901, 2403, 2713, 2986
- lignito, 617, 1600
- lignosulfato, 1901
- ligula, 677
- lijadora, 635
- limbo, 1620
- límera, 3083
- límite, 950, 1738
- de Betz, 1146
- de Chandrasekhar, 2626
- de Roche, 1247
- de una función, 837
- elástico, 1074
- limnología, 1799
- Limnopithecus, 240, 1281
- limolita, 1940, 1600, 2125, 2374
- limpieza en seco, máquina de, 1840*
- limulo, 1369
- LINAC, 18, 19
- lince, 1452
- canadiense, 220
- línea activa, 1724
- costera, 868
- de flotación, 547
- de fuerza, 504, 544, 602, 1092, 1408, 2192, 2386
- de horizonte, 2447
- de imposta, 250
- de montaje, 352
- de tierra, 2447
- eléctrica de alta tensión, 1842*
- espectral, 1209, 3026
- telegráfica, 3018
- trifásica, 1843
- Lineus longissima, 1549
- linfa, 723, 1844, 1900, 2113
- linfagiosarcoma, 607
- linfático, sistema, 1844*
- linfocito, 234, 235, 436, 1154, 1323, 1644, 1701, 1708, 1844, 1946, 2353
- B, 1710
- macrófago, 456
- T, 1189, 1710
- linfoma, 606, 1845, 2041
- linfoquina, 1322, 1710
- Lingüística, 1685
- matemática, 1982
- linoleico, 1937
- linoleum, 807
- linotipia, 1372, 1663, 1837, 2435
- linterna, 1846*
- de Aristóteles, 1175
- láser, 1022
- linters, 148
- liofilización, 1848*
- lipasa, 1850
- pancreática, 1003
- lipido, 180, 435, 496, 587, 766, 1002, 1850*, 1936, 2059, 2396
- A, 1323
- lipoproteína, 767, 1851
- liposarcoma, 607
- liquen, 1227, 2409, 2471
- líquido, 1996, 2366, 3022, 3238, 3306
- amniótico, 1108, 1926, 2031, 2410
- cefalorraquídeo, 190
- de freno, 368
- frigorífico, 1396, 1400
- inflamable, 1670
- refrigerante, 2724
- sinovial, 278
- termovector, 581
- liquidones, 1994
- lira, 1010
- Liridos (meteoritos), 2085
- lirio, 1402
- de mar, 482, 601
- lirón, 221, 1583
- lisina, 181, 182, 885
- lisosoma, 655, 966, 1323, 1617
- litio, 264, 944, 987, 1139, 1553, 1854*, 1956, 2063, 2070, 2457
- litografía, 103
- litopón, 2484
- Litopternos, 663
- litosfera, 854, 1148, 1474, 1554, 1856*, 1938, 2376, 2787, 2978, 3077, 3318
- livor mortis, 2203
- lizardita, 286
- lizo, 2984, 2988
- Lo Hak Kuo, 2806
- lobelina, 127
- lobo, 226, 239, 2442
- marsupial, 1930
- rojo, 224
- lobotomía, 2611
- frontal, 2243
- lóbulo, 1510
- adiposo, 862
- caudado de Spiegel, 1603
- cuadrado, 1603
- de antena, 229
- frontal, 1281
- fusiforme, 680
- occipital, 1281
- óptico, 255
- pulmonar, 2620
- locomoción animal, 1860*
- locomotora, 1862*
- de vapor, 1304, 1862, 1951
- Diesel, 1305
- Diesel-eléctrica, 1862
- eléctrica, 1305, 1862
- locura sífilica, 1163
- Locus vasaalvae, 2214
- locha, 2781
- lodícula, 677
- logaritmación, 1866
- logaritmo, 150, 2596
- natural, 1866
- neperiano, 837, 1052, 1866
- vulgar, 1866
- y otras funciones elementales, 1866*
- lógica, 262, 574, 1872, 2090
- aristotélica, 2090
- de la proposición, 1872
- de la relación, 1875
- de predicado, 1874
- formal, 1982
- matemática, 1872*, 1984, 2143, 2275
- modal, 1875
- polivalente, 1875
- logicismo, 1986
- logística, 150, 262
- lomento, 1402
- longhair, 1452
- longitud, 256, 319, 322, 641, 1942
- de onda, 228, 229, 559, 910, 1809, 1838, 2102, 2108, 2199, 2676
- focal, 2276
- long-playing, 1025
- LORAN (ayuda a la navegación a gran distancia), 1876*
- lubita, 1940
- lubricado a presión, 763
- lubricante, 291, 626, 71878, 1854, 2428, 2799, 3307
- líquido, 1878
- pastoso, 1879
- sintético, 1879
- sólido, 1879
- lubrificación, esquema de la, 353
- luciérnaga, 470, 490, 1364
- luciferasa, 491
- lucita, 1828
- lugar geométrico, 916, 1481
- plano, 916
- lulú de Pomerania, 2443
- lulú gigante, 2443
- Lumbricus terrestris, 1547
- lumen, 1746
- celular, 654
- luminancia, 770, 3016
- luminiscencia, 263, 1341, 1355, 1362
- luminosidad, 771
- residual, 1354
- verdadera, 304
- luna, 301, 759, 864, 1044, 1069, 1181, 1410, 1473, 1475, 1494, 1782, 1880*, 1884, 1964, 1976, 2054, 2084, 2088, 2016, 2260, 2269, 2282, 2358, 2456, 2498, 2500, 2748, 2920, 3070, 3075
- Ilena, 1882
- nueva, 1882, 2278
- lúnula, 257
- lupulina, 2513
- lúpulo, 686
- lutecio, 1804
- Lutra canadensis (nutria canadiense), 220
- luxación, 278, 2036
- luz, 250, 1092, 1390, 1808, 1884*, 2020, 3024, 3308
- blanca, 1628, 1884, 2584
- coherente, 1020, 1626, 1810
- colimada, 757
- de arco, 521
- de calcio, 568
- de seguridad, 1794
- en fase, 1811
- incoherente, 1020, 1811
- infrarroja, 1315
- láser, 757, 1020, 1022, 1315, 1363, 1626
- monocromática, 1626
- natural, 1890
- oscura, 1391
- polarizada, 656, 710, 1231, 1890*, 2005, 2310, 2460
- ultravioleta, 718, 1315
- visible, 910, 998, 1692, 1745, 1884, 2130, 2303, 2670
- zodiacal, 1919
- Lycopodium gemmatum, 529
- Lycopodiaceae (hecopodio), 2854
- Lymantria, 1719
- dispar, 2859
- Lyttosaurus, 949
- llama (animal), 1802
- oxiacetilénica, 781
- llama oxidrica, 781
- Llandoveryense, 1940
- llanta, 374, 465
- llanura abisal, 822, 1959
- de inundación, 1622
- de la Utopía, 3296
- Dorada, 3296
- marcial, 2529
- llave acodada, 371
- de bronce, 562
- de estrella, 370
- de hierro, 562
- de madera, 562
- de tubo, 370
- girable, 994
- graduable, 1580
- inglesa, 1580
- maestra, 1893
- plana, 370
- llaves, fabricación de, 1892*
- lluvia, 82, 84, 790, 1179, 1894*, 1957
- ácida, 432, 819, 2471
- estratosférica, 1896
- radiactiva, 265, 509, 1896*, 2726
- radiactiva local, 1896
- radiactiva troposférica, 1896
- Maastricht, 1940
- macadam, 291, 362
- alquitranado, 380
- maceración carbónica, 3299

LL

M

- macla, 2125
macramé, 2271
Macrocytis pirifera, 140
macrofago, 1709, 1710
macrofibrilla, 183
macrofita, 2504
macrófidos, 231
macromolécula, 486, 496,
744, 1318, 1754, 2148, 2152,
2550
macroplancton, 2490
macropódidos, 1969
Macropus rufus, 1969
macrosporangios, 1213
macrosporas, 1213
mácula, 1370
Mach, 422, 1225
Machairodus, 1624
macho, 1564, 1575, 1898*,
2161
machón, 271
machera, 527, 808, 1064, 1138,
1670, 1900*
- blanda, 1900, 1905
- compensada, 1042
- contrachapada, 1904*
- de primavera, 1900
- de verano, 1900
- dura, 493, 1900, 1905
- fuerte, 1900
- uniones de, 634
maderamen, 1901
madrepórita, 1173
madroño, 524
magenta, 769, 1379
magia, 2026
magma, 523, 822, 1496, 1856,
1958, 2170, 2386, 2460,
2786, 2788, 2790, 2977,
3318
- granítico, 2172
- primario, 1554
magnesia, 1104, 1907
magnesio, 172, 173, 1310,
1380, 1495, 1553, 1599,
1906, 2062, 2070, 2212,
2414
magnesita, 1906
magnetismo, 1079, 1092, 1142,
1908*, 1915, 2386
- animal, 2035
- deposicional, 2386
- terrestre, 1910
magnetita, 544, 1600, 2374,
2386
magnetización, 1093, 1910,
1912
magneto, 2191
magnetófono, 166, 167, 345,
1228, 1912*, 2189
- de bobina, 1913
- de cassette, 1913
magnetohidrodinámica,
1914*
magnetómetro, 1834, 2121,
2996, 3058
magnetor, 1909
magnetopausa, 1920
magnetosfera, 330, 1471,
1918*
magnetron, 755, 2100, 2102,
2199
magnitud absoluta, 982
- aparente, 982
- fundamental, 2888
- medible, 2888
- vectorial, 1198
mago, 223
maíz, 70, 676, 1312, 1922*
- híbrido, 678, 1585
- producción mundial de,
678
maí de la rosa, 153
- de montaña, 2577
- de ojo, 2034
- de Pott, 280
mala hierba, 1572, 1771, 1952
malaria, 127, 1160, 1924*
maleabilidad, 1600, 2077
maleficio, 2034
malformación congénita,
1926*
malnutrición, 2398
caloricoproteica, 152
malta, 128
- de cebada, 686
mallés, 2444
malta, 430, 1521, 1523, 2113
malva de Perkin, 772
mama, 1510
mamba verde, 223
mamífero, 116, 216, 217, 218,
688, 873, 896, 1510, 1565,
1631, 1928*, 3260
- estructura de un, 217
- euterio, 1299
- marino, 2450
- placentado, 220, 662
mamografía, 610, 3046
mamut, 896, 1369, 1624, 2388,
2438
manantial, 82, 98, 104, 105
- subacuático, 122
manatí, 1931
manato, 663
mancha ocular, 2293, 3310
mancha solar, 1916, 1920,
2670, 2890, 2912
mandíbula, 279, 894, 994,
1656, 2203
mandibulado, 284
mandril, 223, 3116
mandrilado, 1399
manganeso, 172, 173, 1599,
1932*, 2062, 2076, 2508
manganina, 1992
manglar, 623
mangles, 2688
mangueta, 363
manillar, 465
mano artificial, 2352
- mecánica, 2352
manómetro, 768
manosa, 1519, 1830
manta eléctrica, 1934*
manta gigante, 2417
manteca de cacao, 923, 1850
mantequera, 1936
mantequilla, 1936*, 1966
- en polvo, 1936
- pasteurizada, 1936
- salada, 1936
mantillo, 1771
Mantis religiosa, 1267, 2219
manto, 856, 1494, 1957, 2158,
2170, 2268
- freático, 104
- terrestre, 1554, 1857,
1938*, 2787
- terrestre inferior, 1939
- terrestre superior, 1939,
manzana, 128
manzanilla, 2430
mapa, 1832, 1834, 3102
- astral, 2282
- batimétrico, 2287
- celeste, 642, 1942
- climático, 525, 1942
- de densidad, 2150
- de Durero, 642
- de isopacas, 2388
- de memoria, 2335
- del tiempo, 2089
- estelar, 2281
- fotogramétrico, 3102
- genético, 2210
- geológico, 1940*, 2388
- geomorfológico, 1490
- geotectónico, 1940
- hidrogeológico, 1940
- LORAN, 1876
- lunar, 314
- meteorológico, 641
- paleogeográfico, 1475,
2388
- político, 1942
- topográfico, 640, 1490,
1942, 2126, 2388
mapas y proyecciones,
1942*
maqueta, 1024, 1836, 3034
maquillaje, 862
máquina, 1164, 1696
- analítica de Babbage,
1218
- de control numérico, 2963
- de coser, 796, 1578,
1944*
- de coser de puntada de
cadeneta, 1944
- de coser electrónica,
1945
- de enarenar, 1190, 1946*
- de escribir, 1948*
- de movimiento
perpetuo, 1169
- de selección, 734
- de transferencia
automática, 346
- de vapor, 582, 1136, 1304,
1308, 1950*, 2184
- filmadora, 1372
- frigorífica, 1445
- herramienta, 2960
- impresora, 1666
- matasellos, 734
- para diálisis renal, 474
- plano-cilíndrica, 1663
- pulidora, 2715
- rotativa, 1837
- térmica, 1400, 3042, 3239
- tipográfica, 1837
maquinaria agrícola, 1952*
maquis, 956
mar, 1956*
- de fondo, 2294
- de los Sargazos, 847
- de Tethis, 3175
marabunta, 1636
marasmo, 152
marathi, 1824
marcapasos, 474, 631, 1962*,
2349
marca, 868, 1473, 1964*,
1882, 1958, 2200, 2358
- baja, 2295
- de cuadratura, 1965
- directa, 1964
- diurna, 1965
- indirecta, 1964
- lunar, 1965
- mixta, 1965
- muerta, 1965
- negra, 1702
- roja, 138
- semidiurna, 1965
- sicial, 1965
- solar, 1965
- terrestre, 1454, 1964
maremoto, 3057
mareógrafo, 641
marga, 660
margarina, 1850, 1966*
margarita, 2270
maricultura, 36
marimba, 1733
mariposa, 223, 282, 1268
- Danaida, 2117
mariquita, 1583
marisma, 82
markhor, 845
mármol, 568, 612, 807, 2474
- de Candoglia, 806
- de Carrara, 2791
- de Ceccarelli, 806
- Skyros, 806
Marmor viticola, 3271
marqueteado, 1042
marrajo, 3066
- gigante, 2417
marsopa (*Phocaena
phocaena*), 689, 934
marsupial, 220, 1564, 1624,
1929, 1968*
marsupio, 1929, 1968
marta cebellina, 2422
Marte, 323, 325, 864, 983,
1069, 1181, 1782, 1970*,
2084, 2500, 2535, 2894,
2922, 3075, 3296
martillo (herramienta), 635,
1356
- de madera, 1580
- del interruptor, 366
- neumático, 786, 819,
1974*
- simple, 1580
martillo (oído), 340, 1657
martinete, 2472
masa, 782, 1168, 1674, 1976*,
2759
- atómica, 100, 2148, 2456
- continental, 738
- crítica, 509, 664, 1348,
1978*, 2536, 2703
- gravitacional, 1976, 2747
- inercial, 1675, 1976, 2012,
2747
- molecular, 2148
- policristalina, 880
- relativista, 1976
- subcrítica, 1978
masaje cardíaco, 2582, 2709
máscara antigás, 1543, 1980*
máscara de filtro, 1980
máscara de oxígeno, 2408
Mascarocoffea, 561
máser, 1813, 2199
- óptico, 1814
mastectomía, 733
mastigóforos, 2602
mástil, 1112
mastín inglés, 2442
mastín tibetano, 2445
mastocito, 136, 137
Mastodon, 1272
- arvernensis, 898
Mastodonsaurus, 3174
mata, 748
Matemática, 151, 194, 196,
256, 262, 572, 1344, 1415,
1682, 1688, 1699, 1754,
1758, 1866, 1872, 1982*,
2272
- finita, 575
materia, 1132, 1988*, 2746
- amorfa, 1340
- estado y cambio de
estado, 1994*
- hiperdensa, 2000*
- interestelar, 1993, 3267
- orgánica, 818, 1138, 2004
- plástica, 1854, 2466
- prima, 2504
- superdensa, 2000
- viva, 2002*, 3274
materialismo, 2272
matraz, 791, 970, 1789
- Erlenmeyer, 1792
- Kitaso, 1792
matriz (Matemáticas), 1200,
1358, 1665, 2008*
- adjunta, 2008
- ampliada, 2009
- cero, 2008
- columna, 2008
- conjugada, 2008
- cuadrada, 1531, 2008
- fila, 2008
- hermitica, 2008
- identidad, 2008
- inversa, 2008
- invertible, 2009
- jacobiana, 952
- nula, 2008
- ortogonal, 2008
- permutable, 2009
- regular, 2009
- semejante, 2011
- simétrica, 2008
- singular, 2009
- transpuesta, 2008
- unidad, 2008, 2009
- de imprenta, 1662
- de pagos, 3028
- de puntos, 1669
maullido, 1452
mauve, 772
mauveína, 772
maxilar, 279, 994, 1656, 2215
maxilas, 894
maximal, 2740
mayas, 2278
mazada, 1936
mazarota, 1417, 2068
meandro, 2783
meato urinario, 725, 1467
Mecánica (Física), 196, 1329,
1444, 1699, 1789, 1983,
1997, 2012*, 2180, 2742
- analítica, 2307
- celeste, 322, 2016*
clásica, 1222, 2194
cuántica, 339, 1193, 1320,
1330, 1349, 1759, 1988,
1990, 2014, 2020*, 2264,
2630, 2947, 3042
- de fluidos, 2307
- del suelo, 700
- estadística, 1330
- ondulatoria, 1990
- relativista, 1330, 2014
mecanización, 346
mecánica, 1716
mechero Bunsen, 199, 201,
1793
media (Estadística), 1219,
1234
mediana, 1219
medicamento, 1292, 1593,
2466
Mediceos, 325
Medicina, 1088, 1288, 1292,
1344, 1606, 1610, 1650,
1694, 1754, 1812, 2026*,
2203, 2266, 2420
- alternativa, 2034*
- clásica asiática, 2035
- clínica, 154
- deportiva, 2036*
- diagnóstica, 2092
- holística, 1635
- homeopática, 1634
- interna, 1650, 2038*
- laboral, 819, 2040*
- legal, 2042*
- nuclear, 1767
- popular, 1293, 2034
- preventiva, 154, 1681,
1755, 2044*
- terapéutica, 154
- tradicional, 1634
- tropical, 1160
medidas, 2046*
medios de comunicación,
1684, 2435
mediodiurno, 1217
Mediterráneo, 1960
médula, 2424
- del árbol, 246
- espinal, 680, 906, 2238,
2955
- ósea, 906, 1509, 1656,
1708, 2813
medusa, 483, 601, 2490
- sílicea, 601
megaloplancton, 2490
Megalosáuridos, 2930, 3086
Megalosaurus, 1012, 2930
Meganeura, 623
Megapira, 688
- novae angliae, 690
Megaterios, 1624
Megalón, 265
Megrez, 324
meiosis, 890, 1212, 1298,
1658, 1830, 22759
meiosporas, 1211
mejillón, 482, 484
mejorana, 2113
melamina, 132, 2467, 2520
melanina, 1391, 2424, 2476
melanismo industrial, 1279
melanoceto, 483
melanocitos, 1644, 2476
melanoma, 607
melanopsis, 123
melaza, 431
- azucarera, 494
meioje, 525
Melolontha, 1716
membrana, 1393, 2433
- alar, 116, 117
- basilar, 340
- celular, 650, 1990, 2208
- celulosa, 2367
- cerebral, 1774
- del tímpano, 340
- mucosa, 2298
- nuclear, 434, 654, 1584
- ósea, 1657
- pelúcida, 788
- vitrea, 2424
memoria, 1691, 2048*, 2426
- a corto plazo, 2048

- a largo plazo, 2048
 - auxiliar, 2328, 2326, 2340
 - de burbuja magnética, 1320
 - de cinta, 2132
 - de disco, 2132
 - de masa, 348, 2314, 2316, 2590
 - de ordenador, 2130
 - de programa, 2314
 - de solo lectura, 2327, 2340
 - electrónica, 1949, 2206
 - interna, 2590
 - óptica, 1320
 - principal, 2132, 2326, 2328, 2340
 ROM, 1777
 mena, 2076, 2051
 menarquia, 52, 53, 1498
 mendelevio, 3163
 meninge, 680, 1775, 2404
 meningitis, 2215
 - infocitaria, 2162
 meningocele, 436
 menisco lateral, 279
 menopausia, 2051, 3250
 menorragia, 2051
 menstruación, 1499, 1640, 2050*
 ménsula, 250
 menta piperita, 1290
 mentol, 3055
 merak, 324
 mercenización, 149
 mercurio (elemento), 540, 704, 818, 864, 1801, 2052*, 2062, 2072, 2122, 2478
 - amoniacal, 963
 Mercurio (planeta), 323, 325, 1069, 1782, 1918, 1970, 2017, 2054*, 2084, 2500, 2535, 2748, 2922, 3075
 merezoito, 1924
 meridiano, 640, 2047
 - cero, 1942
 - fundamental, 1942
 galáctico, 322
 metiermo, 247, 2986
 - apical, 1900
 meritórido, 1272
 meroplanton, 2491
 merostoma, 234
 Merotricha, 141
 Mersinia pestis, 2458
 Merychippus, 1278, 2391
 mes lunar, 1882
 - sinódico, 578
 mesalina, 126
 mesencefalo, 680
 mesenterio, 1006
 mesénquima, 995
 mesocarpo, 1402
 mesodermo, 1114, 1123, 1750
 Mesodma, 663
 mesófilo, 1620
 mesoglea, 1750
 Mesohippus, 1278, 2391
 Mesolítico, 899, 1578
 mesomeria, 209
 mesón, 15, 1331, 1336, 2002, 2631
 - pesado (Kaón), 591
 - rho, 1338
 mesonoro, 1718
 Mesonychidae, 934
 mesoplanton, 2490
 mesopterigio, 2416
 Mesosaurus, 949
 mesosfera, 330, 2824
 mesosoma, 435
 mesotórax, 117
 Mesozoica era, 116, 218, 600, 623, 662, 739, 845, 872, 978, 1012, 2056*, 2390, 2395, 2440, 2760, 2978, 3086, 3174, 3176
 metabolismo, 218, 308, 496, 1170, 1298, 1508, 1582, 1602, 1615, 1640, 1850, 1960, 2002, 2039, 2058*, 2144, 2645, 2758, 3275, 3314
 animal, 1346
 basal, 155, 587, 1063
 celular, 1884, 2812
 corporal, 858
 - de la vitamina D, 153
 - de mantenimiento, 155
 metabolitos, 943, 1926
 metabolización, 128
 metaborato de sodio, 522
 metacarpo, 261
 metaciclina, 231
 metadona, 189
 metátesis, 1657
 metal, 134, 880, 1106, 2074, 2139, 3170
 - alcalino, 1552, 1854, 2070, 2471, 2562, 2904
 - alcalinotérreo, 2070*
 - anticorrosivo, 853
 - base, 134
 - de imprenta, 2531
 - de transición, 2344
 - duro, 2074
 - fundamental, 2344
 - líquido, 2193
 - noble, 2072*
 metaldehído, 133
 metalenguaje, 1986
 metales, 2062*
 - conductividad de los, 584
 - detector de, 2066*
 - trabajo de los, 2068*
 metalización, 705
 metalocerámica (cermer), 1398, 2074*
 metalografía, 2078
 metaloide, 2062
 metalonina, 1644
 metalurgia, 2068, 2076*
 metamatemática, 1986, 2091, 2272
 metamerismo, 1546
 metámeros, 1546
 metamioglobina, 2906
 metamorfismo, 2566, 2790
 - de las rocas, 857
 metamorfosis, 12, 894, 1642, 1718, 2080*
 - completa, 2080
 - gradual, 2080
 metampicilina, 231
 metanal, 132
 metanero, 550
 metano, 130, 131, 178, 332, 472, 492, 494, 1131, 1138, 1303, 1441, 1442, 1447, 1592, 1594, 1597, 2082*, 2463, 2466, 2502
 metanoducto, 1440, 2083
 metanol, 130, 131, 494, 1594, 2467
 metanoto, 1718
 metasomatismo, 2790
 metástasis, 608, 3188
 metatarso, 287
 metatórax, 117
 metazoos, 1158, 1750, 2376, 2566
 meteorito, 299, 328, 1365, 1448, 1474, 1494, 1600, 1785, 1857, 1938, 2055, 2084*, 2122, 2158, 2250, 2268, 2370, 2387, 2498, 2673, 2895
 - lítico, 1495
 Meteorología, 554, 694, 1684, 1838, 2256, 2824
 - instrumentos, 2086*
 - predicción, 2088*
 Meteorol. 1382
 metilamina, 178, 231, 2157
 metilacetona, 133
 metilfenol, 1301
 merilo, 178
 metilxantina, 1236
 metionina, 181, 182, 885
 método analítico, 916, 1480, 2093
 - anticoncepcivo, 1498
 - arqueológico, 266
 - axiomático, 1262, 1982, 2090*
 cartesiano, 1480
 cromatográfico, 200
 - de Atwell, 985
 - de Krell, 3090
 - de Moeller, 985
 - de Ogino Knaus, 832
 - de van Ciffen, 266
 - estadístico, 1821
 - Goodyear, 588
 - Linde, 2253
 metotrexato, 610
 métrica, 825
 - discreta, 1196
 metro, 1308
 metrotimpricina, 189
 mezclador, 2667
 mezcladora, 454
 MHD
 (Magnetohidrodinámica), 1914
 Miácidos, 1452
 mica, 110, 171, 710, 814, 1859, 2484
 micacita, 1940
 micaesquisto, 2786
 micela de arcilla, 1310
 micela de humus, 1310
 micelio, 479, 1213, 2144
 micoplasma, 2002, 2508
 micorriza, 2507
 micosis, 1161
 micra, 434
 microanálisis, 2092*
 microbalanza, 440
 microbio, 1158, 1302
 Microbiología, 479, 1302, 1465, 1540
 microcalculador, 190
 microcápsula, 2353
 microcircuito, 717
 microcirugía, 733, 2098
 microesporangios, 1213
 microfibrilla, 183, 1231
 microficha, 2095
 microfilamento, 469
 microfilme, 2094*
 - en rollo, 2095
 microflito, 1158
 micrófono, 167, 168, 343, 1024, 1228, 1545, 1912, 2096*, 2998, 3144
 - cerámico, 342
 - de bobina móvil, 2096
 - de carbón, 44, 2096
 - de cinta, 2096
 - de condensador, 2096
 - dinámico, 2096
 - electrónico, 342
 - magnético, 342, 1737
 - subacuático, 555
 microforma, 463, 2095
 microfotómetro, 1341
 microglia, 681
 microgramo, 440
 microlepidóptero, 1715
 micromanipulación, 2098*
 micromanipulador, 2098
 micrometeoritos, 475, 1920
 micrómetro, 2046
 - ocular, 1257
 microondas, 120, 755, 1133, 1202, 1208, 1390, 1692, 1812, 1886, 2100*, 2199
 - de alta energía, 1427
 - horno de, 2102*
 microordenador, 564, 566, 1754, 2313, 2328, 2104*, 2132
 microorganismo, 137, 164, 230, 729, 1300, 1302, 1313, 1523, 1848, 2041, 2210, 2215, 2396
 - gram negativo, 230
 - infeccioso, 1844, 2454
 - patógeno, 2412
 microplancton, 2490
 microposicionador, 2098
 microprocesador, 475, 813, 1100, 1945, 1949, 2104, 2132, 2206, 2313, 2317, 2338, 2365
 Micropterus salmonoides, 36
 Micropterus spp., 36
 microquímica, 2092
 microscopio, 190, 192, 334, 610, 710, 732, 1156, 1616, 2098, 2106*, 2196, 3008
 - binocular, 2108
 - compuesto, 2106
 - de contraste, 2108
 - de fluorescencia, 1355, 2108
 - de ion, 2109
 - de luz reflejada, 2108
 - de luz transmitida, 2107
 - de polarización, 2108
 - de reflexión, 2111
 - de Robert, 478
 - de transmisión, 2111
 - electrónico, 200, 479, 497, 650, 699, 890, 1100, 2131, 2108, 2110*, 3182
 - estereoscópico, 2108
 - óptico, 650, 890, 2106, 2110
 - petrográfico, 2461
 - simple, 2106
 microsól, 202, 962
 microsoma, 1617
 microsonda electrónica, 2460
 microsporas, 1213
 microsurco, 1025
 microteléfono, 2998
 micrófono, 1616
 microtúbulo, 469
 microutensilio, 2098
 microvellosidad, 1004
 midriasis, 2042
 miel, 10, 12, 2112*
 - de eucalipto, 2113
 - de rocio, 2113
 - de trigo, 2113
 mielina, 1036, 1188, 1619, 2236
 mieloma, 607
 mieloma múltiple, 1088
 MIF (migración de los macrófagos), 1708
 migmatización, 2790
 migración, 220, 388, 2841
 - animal, 2114*
 - de las aves, mapa de, 389
 - estacional, 2224
 mijo (*Panicum millaceum*), 676, 2909
 - de la India, 676
 mildiu, 2414, 3271
 - de la vid, 2509
 milibar (mb), 452, 2576
 milivoltios, 468
 mimas, 2829
 mimeografía, 1375
 mimetismo animal, 2118*
 mimetización, 2118
 mina, 514, 2126, 3252
 - a cielo abierto, 613, 2127
 - a presión, 2121
 - acústica, 514, 2121
 - de amarro, 2120
 - de carbón, 616
 - de contacto, 514, 2120
 - de fondo, 2120
 - de proximidad, 2120
 - errante, 2120
 - magnética, 2121
 - naval, 2120*
 minado, 515
 mineral, 1474, 2062, 2122*, 2126, 2460
 - anisótropo, 2460
 - fosforescente, 1363
 - isotrópico, 2460
 - radiactivo, 2662
 mineralogía, 1474
 minería y técnicas mineras, 2126*
 miniaturización, 2130*
 miniendoscopio, 1127
 minio, 852
 miniordenador, 566, 2104, 2132*, 2326
 minipildora, 833
 miocardio, 628, 838, 1678, 1963
 miocardita, 280
 Mioceno, 662, 1281, 2391
 miócito, 2208
 mioelectricidad, 2352
 miofibrillas, 486, 2208
 mioglobina, 488, 2154, 2906k
 Miolippus, 2393
 miómetro, 847
 miómetro, 2410
 miopía, 1428, 3311
 miorelajante, 126
 miostina, 181, 486, 1392, 2208
 mioteria, 1033
 Mira, 1255
 - Ceri, 324
 miraculina, 2806
 Miriápodos, 283, 285, 1861
 mirístico, 1937
 mirlo, 387
 mitra, 2430
 misidáceo, 484
 misil, 306, 414, 549, 614, 760, 1225, 2134*, 2212
 - aire-aire, 392, 415, 646
 - aire-tierra, 512, 518, 649
 - antiácero, 892, 2654
 - autodirigido, 2822
 - Atlas, 2136
 - balístico, 632, 265, 2134
 - balístico intercontinental, 443, 518, 2135
 - de crucero, 517, 518, 2136
 - guiado, 2134
 - humano, 1540
 - intercontinental, 2820
 - Minuteman, 2137
 - MX, 2137
 - no guiado, 2134
 - Polaris, 2135
 - Poseidón, 2135
 - tierra-aire, 517
 - torpedos, 3119
 - Titán, 2136
 - Trident, 2137
 misilística, 442
 mixomiceto (hongo mucoso), 529
 Mistacoceros, 629
 Mistoceto, 445
 mitocondrias, 496, 654, 681, 966, 1617, 2003, 2059, 2208, 2237, 2373, 2379, 2758, 3277
 mitosis, 653, 789, 891, 1658, 2003, 2603, 2759
 mitosporas, 1211
 mixer (masa de grabación), 166
 Mizar, 324
 MKS (Sistema Métrico Decimal), 2047
 Moa, 1624
 mobiliario, 2138*
 moda, 1219
 modelismo naval, 2140*
 modelización, 2307
 modelo borroso, 2307
 - Catalana, 2140
 - científico, 699
 - copernicano, 2020
 - de capas, 2264
 - de Edington, 1241
 - del armadillo, 2140
 - didáctico, 699
 - formal, 699
 - isomorfo, 2000
 - matemático, 572, 2142*
 - mundial, 2899
 - plomático, 2020
 - radiocontrolado, 58
 - relativista, 2023
 - teórico, 572, 2142
 - moderno, 451, 2104, 2315, 2331, 2340, 3006
 - moderador, 100, 665
 - modulación, 1315, 2664
 - de amplitud, 229
 - de frecuencia, 229, 3334
 - modulador, 1735
 módulo, 1198, 1533
 - de aluminizado, 699
 - de mando, 313
 - electrónico, 566

- lunar, 306, 314
- para actividades extravehiculares, 307
- presurizado, 3140
- Moeritherium*, 1272
- mofeta, 220
- mohos, 803, 1302, 2144*
- mol, 644, 1752, 2147, 2644
- moldado, 2517
- molécula, 14, 78, 328, 335, 814, 1090, 1166, 1230, 1329, 1340, 1362, 1409, 1444, 1448, 1616, 1918, 1990, 1994, 2002, 2021, 2053, 2059, 2102, 2146*, 2196, 2199, 2366, 2381, 2456, 2645
- celular, 2003
- cíclica, 966
- cometaria, 1497
- compleja, 966, 2152*
- de agua, 78, 79, 975
- dextrógira, 2006
- diatómica, 2147
- espacial, 2156*
- fosforada, 1392
- inorgánica, 1497
- interestelar, 303
- isómera, 2148
- olorosa, 2299
- orgánica, 3274, 1497
- sustrato, 2353
- matómica, 2147
- molibdenita, 689
- molibdeno, 1104, 1312, 1597, 1599, 1956, 2127, 2508, 3336
- molino de arena, 2486
- molino de bolas, 2074, 2486
- molino de eje horizontal, 1147
- molino de eje vertical, 1147
- molino de viento, 1146
- molino híbrido, 1147
- Moloch horridus*, 958
- moloso, 2445
- molusco, 37, 216, 217, 601, 772, 978, 1050, 1752, 2158, 2450
- mollisol, 2438
- momento dipolar, 2150
- magrético, 1338
- o par, 1222
- monacita, 1804
- moneda, 2522
- acuñación, 2160*
- fraccionaria, 1011
- móneras, 2003
- mongolismo, 1926
- mongoloide, 1632
- monó, 1630, 2568
- araña, 1930
- aullador, 220, 223
- monobloc, 3127
- monocarril, 2164
- monocito, 136, 1322, 1711
- monocotiledónea, 529, 524, 2505
- monocrystal, 1416
- monocromador, 1207, 2093
- Monocystis lumbrici*, 1210
- monodóntidos, 689
- monómero, 745, 1264, 2002, 2516, 2550, 3274
- mononucleosis, 1158, 1576
- infecciosa, 457, 2162*
- monoplacóforo, 2158
- monopolo, 1911
- monorail, 2164*, 2193
- suspendido, 1309
- monosacárido, 430, 1519, 1523, 2598
- monotipia, 1663, 1837
- monotema, 220, 663, 1299, 1969, 1929
- monovodotirosina, 1124
- monóxido, 2374
- de carbono, 353, 624, 644, 781, 1981
- de cloro, 66
- de nitrógeno, 67
- montacargas, 1065
- montaje, 213
- cinematográfico, 2166*
- en cadena, 2168*
- montaña, 2170*
- de bloque, 2171
- de plegamiento, 2171
- Montañas Rocosas, 1493
- monte de Venus, 1466
- monte Olimpo, 1972
- Montes Apalaches, 1493
- Montmorency, 1404
- montroita, 2052
- montura ecuatorial, 3010
- Monuron CMU (herbicida), 1573
- monzón, 848
- de invierno, 848
- de verano, 848
- Moplen, 2518
- moquillo, 1189, 3265
- morai, 1982
- morbo de Minamata, 2052
- Morchella esculenta*, 2855
- mordaza o tornillo, 635
- morera, 2832
- morfina, 126, 127, 188, 189, 206, 1236
- Morfología, 476
- morrena, 1507, 1798
- de fondo, 1625
- lateral, 739
- napoleónica, 739
- mortalidad infantil, 2420
- mortero, 270, 615, 1406, 1788, 2174*, 2474
- de cemento, 807
- mórula, 789, 1658
- mosaico de Palladio, 807
- del tabaco, 2510
- fluido, teoría del (Biología) 652
- mosca, 218
- de la alfalfa, 1271
- de la fruta, 1272, 1714, 2145
- de mayo, 2080
- tsé-tsé, 1719, 2605
- moscardino, 1929
- moscatel, 1405
- moscovita, 2124, 2392
- Moschops*, 2440
- mosquetes, 2488
- mosquito, 117, 2408
- Anopheles*, 1718, 1924
- Culex*, 1227
- mosto, 128
- de Malta, 686
- motoazada, 1771
- motocicleta, 2176*
- de turismo, 2176
- ligera, 2176
- polivalente, 2176
- motocompresor eléctrico, 581
- motor, 352, 360, 3154
- a chorro, 2134
- a hélice, 403
- a reacción, 57, 397, 407, 410, 419, 819, 1113, 1224, 3330
- a reacción de doble flujo, 405
- asíncrono, 2189
- cohete, 293, 404, 760
- de arranque, 366, 2177
- de automóvil, 2190
- de carga estratificada, 354
- de combustión, 350
- de combustión interna, 1451, 2180*, 2185
- de cuatro tiempos, 2181
- de dos tiempos, 2179, 2181
- de estrella, 405
- de explosión, 1451
- de émbolo, 397, 1951
- de gasolina, 2184
- de inducción, 2189
- de inyección directa, 2185
- de Otto, 2182*, 2184
- de precámara, 2185
- de turbina, 673, 3196
- de vapor, 1950, 1951
- Diesel, 549, 636, 1305, 1591, 1862, 2181, 2183, 2184*
- Diesel marino, 2222
- eléctrico, 1095, 1308, 1418, 1724, 1862, 1944, 1948, 21886*, 2191
- eléctrico asíncrono, 2193
- eléctrico cilíndrico, 2192
- en estrella, 402, 405
- en línea, 402
- fueraborda, 2186, 2190*
- hidráulico, 1589
- lineal, 2192*
- Rankine, 2183
- reductor, 288
- rotativo, 402, 1451
- síncrono, 2189
- Stirling, 2182
- térmico, 581, 1224
- Wankell, 2181
- motora, 1113
- movimiento, 2194*
- aparente de los planetas, 322
- apendicular, 1860
- axial, 1860
- browniano, 1327, 1444, 2196*
- circular, 2194
- de un proyectil, 2194
- del astro, 2194
- epicicloidal, 322
- eustático, 1507
- ondulatorio, 2198*, 2722
- orogénico, 2057
- periódico, 2194
- peristáltico, 1002, 1005
- rotatorio, 2194
- tectónico, 1475
- uniforme, 2194
- moviola, 2167
- MSH (hormona melanotropa), 1644
- mucina, 1238
- mucinógeno, 1238
- Mucor mucedo*, 2144
- mucosa olfatoria, 2298
- mucosa uterina, 2050
- mucus, 2418
- muda (Biología), 895
- mueble, 2138
- muerte, 359, 1074
- portuario, 2200*
- muérdago, 2408
- muerte, 2202*
- cerebral, 1086
- muestra, 1234, 2204
- muestreo aleatorio, 2204
- simple, 2204
- estadístico, 2204*
- intencional, 2204
- opinático, 2204
- polietápico, 2204
- por área, 2204
- probabilístico, 2204
- secuencial, 2204
- sin norma, 2204
- equiprobabilístico, 2204
- muflón, 221
- Mugil*, 37, 123
- muguete, 2430
- mulo, 556, 1584
- multiplicador de Lagrange, 2308, 2594
- multiprocesador, 2206
- multiprocesamiento, 2206*
- multiprogramación, 929
- multituberculados, 663
- munición, clases de, 615
- munición de carga ordinaria, 614
- munición de carga rápida, 614
- munición de carga simultánea, 614
- muñón, 614
- muón, 1336, 1991
- murciélago, 117, 1582, 3204
- Murex brandaris*, 772
- muricido, 482
- musarafa, 1583, 1928
- arborícola, 2569
- de Cuba, 224
- Musci* (moscos), 528
- músculo, 278, 906, 1084, 1523, 1656, 1860, 2036, 2208*
- cardíaco, 629, 1678, 1962, 2208
- de ala, 116
- de vuelo, 384
- esquelético, 2208
- intercostal, 2622, 2774
- liso, 2208
- pectoral, 1033
- muselina, 1609
- musgo, 1227
- música, 1982
- del hidrógeno (Astronomía), 2674
- eléctrica, 1734
- mustélidos, 1452
- mutación, 607, 1156, 1270, 1459, 1465, 2210*, 2840
- dominante, 2211
- genética, 816, 1566, 1756, 1897, 2663, 2698
- recesiva, 2211
- somática, 3250
- mutualismo, 219, 502, 2408
- Mycobacterium tuberculosis*, 437, 2412
- Mycrospora*, 231
- Myriophyllum*, 125
- Myrmeleon* (hormiga león), 958
- Mysore, 1404
- Mytilus edulis* (mejillón), 37
- Myxinoideos, 842
- Myxine*, 842

N

- nabo forrajero, 2512
- NADP (molécula), 743, 1394
- NADPH (molécula), 743
- nafta, 291, 1265, 1594, 2465, 2469, 2479
- naftaleno, 1593
- naftol, 1300, 2485
- nailon, 178, 179, 374, 475, 588, 796, 870, 1265, 1301, 1318, 1593, 1597, 2190, 2407, 2521, 2551, 2983
- nanoplancton, 2490
- nanosegundo, 2456
- napalm, 2212*
- naranja de metilo, 2471
- naranja sin semilla, 1706
- narcótico, 206
- narcotina, 127
- nariz y fosa nasal, 2214*
- narval, 689
- NASA (National Aeronautics and Space Administration), 2282, 3140
- nata, 1936
- natación, 1860, 2216*
- naturaleza, ciclo energético en la, 498
- nautilo, 2158
- nautiloideos, 2875
- naval, construcción, 2218*
- nave, 551, 2218
- a vapor, 1558
- de junco, 2218
- espacial, 309, 310, 2230
- espacial Columbia, 2478
- vikinga, 2218
- navegación, 2224*, 2816
- inercial, 2226*, 2231, 2287
- interplanetaria, 2230*
- Navicula*, 141
- navío, 547
- navío portabarcas, 553
- Neanderthal, 241
- neblina, 790, 2246
- nebulosa, 302, 642, 864, 1476, 1784, 2232*, 2890, 3025
- de omisión, 1433, 2232
- de Orión, 2233
- de reflexión, 2232
- del Cangrejo, 305, 642, 1243, 1250, 2001, 2624, 2627, 2674, 2750
- del Saco de Carbón, 2232
- gaseosa, 303
- oscura, 1434, 2232
- Vela, 1251
- Necrobis*, 1716
- necrosis hepática, 1568
- necrosis tubular, 765
- néctar, 10, 12, 2112
- necton, 483
- nefritis, 2779
- neftología, 2029, 2039
- neftona, 984, 2778, 3226
- negro de humo, 1077, 2484
- negro de platino, 2526
- neis, 1940
- nematicidas, 1712
- nematodos, 217, 1051, 1549, 2510
- nemertinos, 1549
- neoblasto, 2731
- neodimio, 1316, 1804
- neoesperidina, 2806
- neogea, 220
- Neógeno, período, 600, 662, 872, 978
- Neolítico, 899, 1578, 1608, 2270, 2474, 2983, 2984
- neomenia, 2158
- neomicina, 231
- neón, 2457, 78, 209, 260, 332, 521, 1448, 2374
- neopilina, 2158
- neoplasia, 606, 2162, 2686
- neopositivismo, 698
- neopreno, 475, 1077
- neotenia, 841, 1630
- neovascularización, 1371
- Neptidóidos, 2510
- Neptuno, 1348, 3163
- Neptuno, 323, 1069, 2234*, 2500, 2534, 2895
- Nereida, 2235
- Nereis*, 2718
- pelágica, 1860
- Nerium*, 124
- nervación, 1718
- nervio, 246, 2236*, 2425
- acústico, 169, 341, 1086
- apuntalado, 271
- craneal, 2240
- glossofaríngeo, 1345, 1550
- lingual, 1550
- motor, 2208, 2240
- óptico, 1086, 2237, 2292, 3309
- sensitivo, 2240
- simétrico espinal, 2240
- vago, 2399
- nervioso, sistema, 2238*
- netilmicina, 231
- neumático, 359, 465, 1077
- de estructura diagonal, 374
- diagonal cinturado, 374
- radial, 374
- neumatóforo, 2688
- neumocistosis, 1160
- neumococo, 1323
- neumocosis, 2041
- reumatoide, 280
- Neumología, 2029
- neumonía bacteriana, 1527
- neuritis, 2236
- neuritis óptica, 2041
- neurocirugía, 731, 2028
- neurofilamento, 2237
- Neurofisiología, 1347
- neuroglías, 680
- neurohipófisis, 1644
- neurohormonas, 1123
- Neurología, 1742, 2028
- neurona, 680, 1037, 2236, 2240
- aférente, 680
- motora, 2237
- sensitiva, 2237
- neurosis, 1062, 2609

- fóbica, **2243**
 - y psicosis, **2242***
Neurospora, 1275, **2145**
 - *crassa*, 2145
 - *sitophila*, **2144**
 neurotransmisor, **942**
 neutralización, **31**, **2810**
 neutrino, **1336**, **2244***, 2630
 neutrófilo, **1322**
 neutrón, **14**, 15, 16, 18, 100,
 106, 236, 265, 269, **337**, 508,
 590, 664, 710, **778**, **924**,
 1078, **1090**, 1092, 1106,
 1330, **1334**, 1340, 1348,
 1424, 1596, **1762**, **1764**,
 1766, 1804, **1854**, **1978**,
1990, 2001, 2022, 2244,
 2252, **2263**, 2372, 2456,
 2630, 2684
 Newton, leyes de, **1222**, 2500
 n heptano, 1451
 niacina, 153, 2414, **3315**
 nialamida, **945**
Nickelodeon, 1778
Nicotiana rustica (tabaco),
126
Nicotiana tabacum (tabaco),
126
 nicotina, 126, 127, 1715, **2948**
 nidada, **227**
 nido, 388
 construcción de, **386**
 niebla, 82, 592, **791**, **2246***,
 2256
 de advección, **2247**
 de evaporación, **2247**
 de ladera, **2247**
 frontal, **2247**
 por irradiación, **2246**
 nielsbohrio, **3162**
 nieve, 82, 84, **790**, 1179, **2248***
 artificial, 1214
 granulada, 1895
 nimboestrato, **2088**, **2260**
nimbus, **1382**
 ninfa, 2080
Nintatherium, 663
 niobio, 1221, 1916, 1956, 2074
 níquel, **134**, 711, 853, 1074,
 1495, 2062, **2250***, 2268
 níquel-cadmio, 1847
 níquelina, 2250
Nitella, 1392
 nitrato amónico, 1285, 1311
 de Chile, 541, **2255**, **2906**
 de mercurio (I), 2073
 de plata, 2522
 de polasio, 2253
 de sodio, 2212, 2255,
 2502
 mercurioso, 2053
 polásico, 1284
 sódico o cálcico, 1312
 nitrato, **2252**, 2253, 2502
 nitro, 2252
 nitrobacteria, **2254**
 nitrobenceno, 178, 179, **657**,
 2310
 nitrocelulosa, 796, 1285, 1420,
 1806
 nitrofurano, 832
 nitrógeno, 67, 127, 156, 178,
 182, 209, 260, 269, 332, 353,
 472, 773, **924**, 975, 1310,
 1441, 1442, **1444**, 1494,
 1597, 1600, **2252***, 2502,
 2598, 2907, 3254
 líquido, 875, 2347
 nitrógeno-14, 2457
 nitroglicerina, 614, 631, **1284**,
 1285, 1679, 1806, 2253
 nitrosamina, 163, **2906**
 nitroxileno, 2156
 nitruro, 261, **673**, 2070
 de boro, 673
 de silicio, 673
 nivel, **2952**, **3102**
 de burbuja, 635
 de significación
 (Matemáticas), 828
 electrónico, **2705**
 frecuente, **104**, 105, **1040**,
 2728

niveladora, 1952
 NOAA (satélite), **1382**
 nobelio, **3163**
Noctiluca miliaris, 490
 noctula, 1930
 nodal (fundición), 273
 nodo sinusal, 1962
 nódulo de Heberden, **281**
 de manganeso, **1992**
 de Ranvier, **1036**
 reumatoide
 intrapulmonar, 290
 sinusal, 839
 nomadismo, 2565
 nomosoma, **1458**
 nonas, 579
 noradrenalina, 1237, **1513**
 norma (Matemáticas), **1198**
 normalización, **3168**
 Noroatlántico, continente
 2440
 noropinefrina, 944
Nostoc muscorum, **2255**
 nota musical, 1182
 nota fundamental, **1183**
 notación decimal, 142
 noto, **1718**
 notocordio, **840**, **1753**
 Notogea, 220
 Notorictidos, **1968**
Notoryctes typhlops (topo
 australiano), **959**, 1968
 Notosaurus, **3175**
 notungulados, 663
 nova, 1253, 1259
 Cisne, **1249**
 lenta, **1248**
 veloz, **1246**
Novae recurrentes, 1259
 novocaina, **994**, 2469
 nube, **84**, 328, **790**, **1894**, 2246,
 2696, **3072**
 ardiente, **3320**
 atómica, 2156
 de desarrollo vertical,
2258
 electrónica, **2082**
 estratiforme, **2258**
 lenticular, **2261**
 molecular, **2156**, **2232**
 orográfica, **2261**
 y alas de nubes, **2256***
Nucifraga (cascanueces),
 220
 nucleidos, **1106**
 núcleo (átomo), 18, 79, **336**,
460, 508, 658, **664**, 665, **778**,
 1078, **1090**, 1330, **1334**,
 1348, 1408, 1422, 1448,
 1524, 1596, **1762**, **1978**,
1990, 2232, **2262***, 2456,
 2660, **2456**, 2773
 de capa cerrada, **2264**
 estable, 2244
 inestable, 2244
 pesado, 1133
 superestable, **2267**, **332**
 celular, **654**, 966, 1498,
 1584, **1702**
 terrestre, **1148**, **2268***
 externo, **2268**
 interno, **2268**
 de condensación, 592
 de congelación, **2248**
 de cometa, **782**
 galáctico, **1433**
 nucleólo, **654**, 966, 1619
 nucleón, **15**, **337**, 508, **1106**,
2263, 2456, **2630**
 nucleoproteína, **2003**
 nucleosoma, **890**
 nucleótido, **486**, 653, **966**,
1700, **2005**, 2210, 2600,
2758, **2878**
 núclido, 1766
 nudo, **2270***
 corredizo, **2270**
 de sujeción, **2270**
 doble o lasca, **2270**
 gordiano, **2270**
 inglés doble, **2271**
 llano, **2270**
 marino, **901**

- náutico, **2270**
 - simple, **2270**
 - wake, **2270**
 neutrino, 1991
 nuez, **446**
 de Adán, 3088
 del coco, 1402
 moscada, **2430**
 número, 1486
 algebraico, **3033**
 algebraico irracional,
3033
 algebraico racional, **3033**
 atómico, 101, **747**, **778**,
1106, **1766**, 1804, **2146**,
2264, **2952**, **3108**, **3162**
 atómico A, **337**
 axiomático, **2273**
 bariónico, **236**, 1338,
 1993, 2023
 binario, 1006
 combinatorio, **774**
 complejo, 195, 262, 976,
2273
 compuesto, **3032**
 cuántico, **2022**
 cuántico magnético, **2022**
 de Avogadro, **2147**, **2153**
 de Froude, **3034**
 de Mach, 1260, 2143, **3332**
 de masa, **337**, **1766**, **2265**
 de oxidación, **1167**, 2252,
2706
 de Reech, **3034**
 de Reynolds, **3035**
 de valencia, **2705**
 decimal, 1006
 diploide, **891**
 entero, 262
 entero algebraico, **3033**
 entero racional, **2272**,
3033
 estadístico, **1216**
 fraccionario, **2273**
 haploide, **891**
 irracional, 836, **2274**
 leptónico, 2023
 máscico, **508**, **778**, **1106**,
2456, **2952**, **3108**, **3162**
 menor complementario,
977
 natural, 262, 826, 1682,
2272, **2886**
 negativo, **2273**
 pitagórico, **3032**
 primo, 262, 1533, **3032**
 racional, 262
 real, 262, 826, 916, 976,
 2008, **2273**
 transfinito, **1683**
 trascendente, 572, **836**,
2274, **3033**
 números, **2272***
 árabes, 263
 babilonios, 263
 chinos, 263
 de Fermat, **3032**
 egipcios, 263
 europeos, 263
 griegos antiguos, 263
 griegos posteriores, 263
 hindúes, 263
 mayas, 263
 Numismática, 2160
Nummulites, 873
 nutria, 2422
 canadiense, **220**
 nutrición, **154**, 183, 1298, 2420
 nutriente, 152, **154**, **158**, **159**,
 160, 818, 1310, 1364
Nux vomica, **1635**

Ñ

ñame, 2414
 ñu, **844**, 2117



OACI (Organización de la
 Aviación Civil
 Internacional), **3132**
 Obelia, **1752**
 objetivo, **212**, **466**, **598**, 1794,
 2094, **2107**
 anamórfico, **707**
 cromático, **2276**
 de inmersión, **2108**
 fotográfico, **2276***, 2305
 triple, **2276**
 zoom, **598**
 oblada, **482**
 oblea, **2130**
 oboe, **1732**
 observatorio astronómico,
2278*
 observatorio astronómico
 espacial, 312
 observatorio espacial, 2281,
2282*
 obsidiana, 1995, 2124, 2392,
2789
 obstetricia, **2028**
 obturador, **594**, **598**, 656,
 1386, 2094
 de cortinilla, **595**
 de efecto Faraday, 657
 de laminillas, **595**
 electroóptico, **657**
 magnetoóptico, **657**
 optoelectrónico, **2310**
 obús, 615
 oca, 385
 de Embden, 1438
 gris, **386**
 océano, 1474, **1958**, 2083
 Oceanografía, 482, 554, 1470,
 1704, 1956, **2286***
 biológica, **2286**
 física, **2286**
 geológica, **2288**
 química, **2286**
 ocelos, **1637**, **1716**
 ocelote, **223**, 1452
 ocimo, **2506**
 OCS (sulfuro de carbonilo),
2156
 octano, 354, 1451, 1592, 2468
 octante, **2861**
 ocular, **466**, **599**, **2107**, 3010
 odómetro, **900**
 odonato, **117**
 odontocetos, 689
 Odontología, **994**, 2384
 odontómetro, **2845**
Odontosyllis enopla, 490
offset, **103**, **1372**, **1375**, 1837,
 3085
 ofidios, **2762**
 ofiura, **482**
 Oftalmología, **731**, **2028**, 2098
 oftalmoscopio, 2030
 ohmetro, **1083**
 ohmio, **793**, **1079**, 1082
 oídio, 1715
 oído, **47**, **340**, 342, 344, 2236
 externo, 343
 externo, partes del, **340**
 interno, **340**, 342, 819
 medio, **340**, 343, 1657
 ojo, **1428**, **2292***, **3308**
 compuesto, **284**, 2080,
2293, **3310**
 de la llave, **1892**
 de la tormenta, **694**
 de un pez teleosteo,
2293
 pedunculado, **2293**
 ola, **2294***, 1181, **1958**, 2528
 oleandomicina, 231
 olefina, 1264, 2345, **2380**
Olenellus, 1369
 oleoducto, 2200, **2296***, 2464,
 2618, 3159
 olfato, sentido del, 1550, 1556,

2214, **2236**, **2426**, 2430,
2298*
 Oligoceno, período, 662, 674,
 1272, 2391
 oligodendrocito, **1189**
 oligoclemento, **748**
 oligoquetos, **1546**
 oligosacárido, 231, **1519**
 olivino, **1858**, **1880**, 1906,
1939, 1957, 2070, **3077**
 olivo, 526
 olmo, **1805**
 olmo, 524
 olor, 2430
 oila a presión, 803, **2300***
 omatidios, **283**, **1717**, **2293**,
3310
 Omega Centauro, 915
 omicrón, **1254**
 omnívoro, 662, 2442
 OMS (Organización Mundial
 de la Salud), **1607**
 oncogenes, **499**, **3122**
 oncología, 1652, 2038
Oncorhynchus keta, 36
Oncorhynchus nerka, 36
Oncorhynchus tshawytscha,
 36
 onda, **2198**
 acústica, **1628**, 2720
 alfa, **1087**
 Alfvén, **1919**
 beta, **1087**
 cerebral, **2733**
 corta, **2666**, 2679
 cuadrada, **1462**, **1734**
 de choque, **509**, 1443,
1919, 1938, **3330**
 de compresión, **1939**,
2198
 de luz, 1626, 2199, 2720,
2722
 de materia, **2021**
 de presión, **44**
 de radio, 559, 1202, 1208,
1315, **1390**, **1693**, **1886**,
2102, 2199, 2654, 2664, **2676**
 de reconstrucción, **1628**
 de referencia, **1628**
 de registro, **1628**
 de sonido, 1745
 de televisión, **2100**, 2102
 de tierra, **228**
 de uso industrial, **2199**
 delta, **1087**
 electromagnética, **228**,
 559, 584, 603, 998, 1208,
1388, 1744, 1809, **1884**,
1917, 2093, **2100**, **2199**,
2658, 2664, **2722**, 2742,
3024
 en fase, **1745**
 espacial, **228**, 229
 gravitacional, 1524, 2747
 herziana, **1693**
 infrarroja, **2100**
 larga, **2666**
 longitudinal, **2198**, **3058**
 Love, **3058**
 lumínica, 1066, 2992
 Martenot, **1735**
 mecánica, **2720**
 media, **229**, 2679
 métrica, **229**
 mezcladora, **1239**
 polarizada, **2720**
 portadora, **2664**, **2677**
 primaria (P), **3058**
 Rayleigh, **3058**
 rectangular, **1734**
 secundaria (S), **1939**,
2268, **3058**
 sinusoidal, **1734**
 sísmica, **854**, **1471**, 1856,
1938, **1939**, 2655, 2268, **2428**,
3058
 sonora, **44**, 46, **168**, 169,
340, **342**, 422, 998, 1024,
1066, 1228, 1324, **1722**,
2096, **2199**, **2722**, **2881**,
2924
 superficial, **3058**
 teta, **1087**

transversal, 656, 1890, 1939, 2198, 3058
 triangular, 1087, 1734
 ultrasónica, 2686
Ondatra zibethica (topo almizclero), 220
 ondoscopio, 1745
 onicóforo, 217, 1751
 onomatopeya, 1825
 onza, 2047
 osfera, 1210
 oospora, 2144
 opacidad, 2063
 ópalo, 880, 1457, 2122
 operación algebraica, 1263
 asociativa, 799
 conmutativa, 799
 interna, 1262, 1530
 lineal, 1730
 operculina, 1369
 opérculo, c172113, 2159
 operones, 1459
 opiliones, 284
 opio, 126, 127, 206
 opistoprocto, 482
 opsonina, 235
 Óptica, 998, 1329, 1628, 1789, 2302*
 electrónica, 2111
 física, 2303
 geométrica, 2304, 2720
 paraxial, 2303
 optimización, 572, 1758, 2306*, 2592
 óptimo, 2306
 de Pareto, 2309
 optoelectrónica, 1100, 1329, 2310*
Opus caementarium, 660
 orangután, 224, 240
 órbita, 339, 1068, 2974
 cometaria, 785
 de un satélite artificial, 312
 ecuatorial, 2230
 geostacionaria, 2817
 geosincrónica, 2817
 hiperbólica, 784
 media, 2230
 parabólica, 784
 planetaria, 2501
 polar, 2230, 2817
 retrograda, 2235
 sincrónica, 2816
 orbital, 339, 1167, 2004, 2146, 2251
 oreca, 689
 común (*Orcinus orca*), 689
 ordenador, 8, 9, 346, 450, 564, 575, 591, 673, 717, 835, 882, 926, 988, 993, 1006, 1026, 1372, 1399, 1668, 1684, 1689, 1690, 1698, 1776, 1778, 1820, 1834, 1838, 1982, 2032, 2089, 2093, 2099, 2127, 2130, 2143, 2226, 2312*, 2449, 2590, 2657, 2784, 2966, 3152, 3208
 arquitectura de un, 2316*
 bioelectrónico, 2353
 electrónico, 1742
 lenguaje de, 2318*
 memoria de, 2326*
 periféricos, 2328*
 personal, 1669, 1687, 2314, 2317, 2330, 2336, 2340*
 programa, 2332*
 superápido, 559
 terminal de, 2336*
 unidad central de proceso, 2338*
 ordinal, 800, 2741
 Ordoviciano, período, 600, 872, 978, 1493, 1751, 2342*, 2394, 2416, 3258
 orejudo, 1930
Oreopithecus, 241, 1281
 organismo fotosintético, 332
 organismo patógeno, 816
 organismo sésil, 484
 órgano, 1730
 artificial, 474, 2348*
 de Corti, 340
 de fonación, 2354*
 diara, 1645
 digestivo, 1512
 electrónico, 1737
 endocrino, 1123
 hidropulsor, 1861
 Hammond, 1735
 linfoide, 456
 sensorial, 1347
 organometálicos, compuestos, 2344*
 órganos, banco de, 2346*
 órganos genitales, 52, 53
 órganos timpánicos, 285
 órgano, 2004
 orientación animal, sentido de la, 2356*
 origen de los elementos, 1104
 orín, 853
 orina, 184, 190, 984, 1005, 1364, 2778, 3226
 orínque, 2120
 Orón, 1319, 1434
 oriñidos, 2085
Oritteropus, 663
 Orleaniense, 1940
Ornithischia, 1012, 2930
Ornitholestes, 1012
Ornithoptera del paraíso, 225
Ornithosuchus, 2057
 ornitina, 2061
 ornitíscos, 2056, 2393
Ornithomimus, 2057
 ornitópodo, 2057, 2393
 ornitóptero, 394, 3328
 ornitorrínco, 662, 843, 1929
 oro, 1010, 1190, 1221, 2072, 2122, 2360*, 2526
 blanco, 134
 mosaico, 134
 orogénesis, 857, 2172, 2566
 hercínica, 2057
 terciaria, 662
Orohippus, 2393
 orquesta, 1731
 sinfónica, 2925
 orquídea, 1749
 orquitis, 2405
 orificios, 2357
 ortiga, 2506
 ortifa, 1804
 ortoborato de sodio, 522
 ortoclase, 2392, 2562
 ortocristal, 286
 orto-dinitrobenzénico, 209
 ortoedro, 258, 2547
 ortofotografía, 1382
 ortopedia, 2028, 2036
 ortosa, 1456, 1496, 2125
 oruga, 930
Oryctolagus, 217
 oryx, 844
 de Arabia, 224
Oryza sativa (arroz), 276
 Osa Mayor o Gran carro, 303, 324, 804, 1258
 Osa Menor, 325
 oscilación, 278, 714
 amortiguada, 2363
 forzada, 2772
 oscilador, 228, 1734, 2362*
 de cristal, 2665
 de Hartley, 2362
 osciloscopio, 44, 630, 1097, 1207, 1736, 1877, 31831462
 osciloscopio y oscilógrafo, 2364*
Oscillatoria, 140
Oscillocoecium, 1635
 oslandia, 2806
Osmia rufa, 11
 osmio, 2072, 2384, 2526, 2533
 osmómetro, 2366
 ósmosis, 247, 803, 2366*
 inversa, 93
Osmunda regalis, 1773
 oso, 219, 226
 de la caverna, 1624
 gris, 220

hormiguero, 220
 hormiguero gigante, 225
 pardo, 896, 1582
 polar, 1227, 2118, 2423
 osteictios, 842, 2393, 2417, 3259
 osteoartritis, 280
 osteoblasto, 1656
 osteocito, 1656
 osteoclasto, 1656
 osteofito, 280
 osteología, 240
 osteona, 1657
 osteoporosis, 3250
 osteosarcoma, 607
 ostra, 1457
 ostracodermos, 842, 2416, 3258
Ostrea edulis, 36, 37
 Ostwald, proceso, 184
 OTAN (Organización del Tratado del Atlántico Norte), 1421, 3119
 otaria, 1898
 OTEC (Conversión de la Energía Térmica del Océano), 1151
 otoesclerosis, 343
 otolito, 2417
 otorrinolaringología, 731, 2028
 otoscopio, 2030
Otozomites molinianus, 3175
 otter hound, 2444
 ovario, 677, 909, 1116, 1123, 1298, 1438, 1466, 1510, 1513, 1565, 1658, 2505
 de una flor, 1351, 1402
 oveja, 1802
 aragonesa, 2368
 castellana, 2368
 corriedale, 2368
 churra, 2368
 frisona, 2369
 hampshire, 2369
 karakul, 2369
 lacha, 2368
 lincoln, 2368
 manchega, 2369
 merina, 1803, 2368
 sopravissana, 2369
 southdown, 2368
Ovibos moschatus, 898
 oviducto, 1438
 ovino, ganado, 2368*
 oviparo, 1299
 OVNI (UFO), 2370*
 ovoalbúmina, 181
 ovocélula, 1352, 2505
 ovocito, 788
 ovotestis, 1298
 ovoviviparo, 284, 1299
 ovulación, 788, 832, 1438, 1640, 2050
 óvulo, 788, 832, 966, 1114, 1298, 1350, 1467, 1575, 1898, 2505
 enucleado, 1703
 vaginal, 1295
 oxácido, 2375
 oxacilina, 231
 oxalacetato, 1520
 oxasol, 2485
 oxazina, 2485
 oxiacetilénico, 2377
 oxidación, 1264
 oxidación, 644, 780, 1264, 1966, 2004, 2374, 2381, 2403
 biológica, 781
 catalítica, 28, 162
 directa, 852
 y reducción, 2372*
 oxidante, 2373, 2378
 óxido, 261, 1437, 2062, 2374*, 2376
 anfótero, 2375
 básico, 2375
 crómico, 889
 de aluminio, 170, 171, 853, 1946
 de boro, 2374
 de calcio, 568, 2375, 2475
 de carbonato, 661

de carbono, 819, 1441, 1597
 de cinc, 705, 964, 965, 2374, 2484
 de cobalto, 172
 de cromo, 889, 904
 de etileno, 1264
 de hidrógeno, 2374
 de hierro, 171, 1495, 1539, 1600
 de magnesio, 1907
 de manganeso, 1495, 2374
 de mercurio, 2053, 2073
 de nitrógeno, 330, 819, 2471, 2502
 de níquel, 2250
 de oro, 2072
 de plomo, 852, 853
 de potasio, 2374
 de silicio, 718
 de titanio, 171
 neutro, 2375
 oxidorreductoras, 1170
 oxidosíntesis, 2345
 oxidrilo, 26, 941
 oxigenador, 474
 oxígeno, 16, 18, 78, 79, 100, 132, 170, 172, 180, 246, 260, 269, 284, 332, 353, 521, 741, 1494, 1600, 1766, 1828, 2372, 2374, 2376*, 2380, 2457, 2504, 2598, 2774, 3254, 3277
 atómico, 2382
 líquido, 760, 875, 2690
 molecular, 2382
 oxihemoglobina, 1601
 oxitetraciclina, 231
 oxitocina, 1122, 1511, 1615, 1644, 2410
 oxo, proceso, 2380*
 oxosales, 2375
 oxosíntesis, 2380
 ozono, 66, 332, 1397, 1447, 2378, 2382*, 3206, 3277
 ozonósfera, 330

P

pachón, 2442
 paja, 588
 pájaro, 220
 bobo emperador, 388
 carbonero, 1268
 de pico de marfil, 224
 insectívoro, 1721
 moa, 225
 moscón, 388
 paladio, 2072, 2526
 y rutenio, 2384*
Palaemonetes zariquelgi, 123
 paleoantropología, 269
 paleobotánica, 269, 528, 1368
 Paleoceno, 662, 1369, 1452
 paleoclima, 269
 Paleocronología, 269
 Paleógeno, período, 600, 662, 978
 Paleogeología, 1474
 Paleolítico, 899, 1538, 1578
 paleomagnetismo, 948, 1470, 1501, 2386*
 Paleontología, 269, 480, 1270, 1367, 2388*, 2395
 Paleozoica, era, 600, 620, 739, 872, 979, 1787, 2057, 2342, 2390, 2394*, 2440, 2875
 Paleozoología, 269
 Palinología, 1623
Palinurus vulgaris (langosta), 37
 paisandro, 15441900
 palmera, 524
 paloro, 1403
 palosanto, 524
 paloverde, 961
 palpos, 1718
 paludismo, 457, 1154, 1160, 1713, 1924, 2026
 pampa, 2564, 3244
 pan, 1830, 2396*
 blanco, 2396
 integral, 2396
 panel, 10
 paravisión, 707
 pántecras, 907, 980, 1003, 1004, 1123, 1238, 1508, 2398*
 artificial, 2349
 excéntrico, 653
 pancreatoma, 2399
 panca mayor, 225
 panel en sandwich, 401
 panel solar, 580, 1071, 1153, 2400*, 2901
 solar plano, 2400
 Panquea, 946, 2440, 2978, 3174
Paracolumba, 663, 1930
Panicum miliaceum, 676, 2909
 paricuto adiposo, 843, 902
 panizo (*Sesuvium portulacastrum*), 676
 pantalán, 2200
 pantalla de video TRC, 2313, 2336
 pantalla fluorescente, 3182
 pantalla panorámica, 707
Panthassa, 947
 pantofleta, 2250
 pantógrafo, 1862
 panza, 538, 2368
 panzer, 636
 papagayo, 387, 2118
 papaina, 1171
Papaver somniferum (adormidera), 126
 papel, 524, 1836, 2433, 2435
 de reciclaje, 2710
 de tornasol, 2471
 emulsionado, 1794
 fabricación de, 2402*
 fotosensible, 1837
 moneda, 2403
 perforado, 566
 pergamino, 2433
 pigmento, 1664, 2796
 vegetal, 992
 paperas, 2404*
 papila, 2425
 dentaria, 994
 démica, 2476
 gustativa, 1550, 2426
Papilio dardanus, 2859
 papilionácea, 1403
 papilo, 588, 1110, 1836, 2402, 2432
 pápulas, 1173
 parábola, 257, 317, 916, 1358, 1738
 semicúbica, 919
 paraboloide, 1361
 paracaidas, 288, 292, 1515, 2406*
 de emergencia, 2407
 piloto, 2407
 principal, 2407
Paracoffea, 561
 paracristal, 286
 para-dinitrobenzénico, 209
 parafina, 1009, 1592, 2466
 paraglossa, 1716
 paralaie geométrica, 322
 paralelepípedo, 258, 977
 paralelo, 640
 paralelogramo, 977
 parálisis, 1679
 respiratoria, 2622
 paramagnetismo, 1341, 1909
Paramocium, 1564, 2602, 2758
 paraméidos, 663, 1968
Paranthropus, 1281
 parápodos, 1546
 paraguay, 933
 paraguayos, 3098
 paraselene, 253

- parasitismo, 484, 502, **2408**
 parásito, 219, 816, **1154**, 1549,
 1680, 1706, **1712**, 1728,
 1750, 1860, **1924**, **2408***,
 2508, 2602, 3304
 parathormona, 1122, **1644**
 paration, 930
 paratiroideos, **569**, **908**, **1123**,
1508
 paraxilol, 2467
 pardela picofina, 1526
 parénquima, **481**, 1620
 - celular, 1706
 - clorofílico, **1392**, 2431
 - en empalizada, 246
 - hepático, 1603
 - lagunar, 246
 - meular, 431
 pares de Cooper, **2945**
 parqilina, **945**
 paridad, 1338
 parkesina, **2516**
 parótidas, 653, **2404**
 parotiditis, 1158, **2404**, 2420,
 3235
 párpado, 2292
 párpodo, 1860
 parque nacional, 227
 parsec, **912**, **982**
 partenogénesis, 12, 284, 1719,
2758
 partícula alfa, **15**, **336**, **523**,
 591, 710, 814, **1554**, **2536**,
2660, 2669, **3108**
 partícula atómica, 1744
 partícula beta, **460**, 814, **924**,
 1619, 2392, **2660**
 partícula de alta energía,
 1427
 partícula fundamental, **2630**
 partícula subatómica, **236**,
1334, 2456
 partícula superfundamental,
2630
 partícula vector, **109**
 parto, 1498, 1565, **2410***
 - natural, **2410**
 - podálico, **2411**
 pascal, **2322**
 paseo lunar, 308
 paseriforme, 2116
 pashio, 1824
 pasteurización, **437**, 1936,
 2112, **2412***
 - de tubo, **2413**
 - por radiación, **2413**
 pastilla, **368**
 - de freno, 373
 pastor persa, **2444**
 pata de cabra (ballesta), **446**
 patagio, **117**, 1929
 patata, **128**, **2414***, 2508
 - extratemprana, 2414
 - temprana, 2414
Patella ferruginea, 899
 paternidad, 2042
 pato de Pequín, 1438
 pato Khaki Campbell, 1438
 Patología, 2039
 - molecular, **499**
 patrón monotónico, **2360**
 patrón oro, 1011
 patronita, 3237
 paucituberculados, 663
 paupérrimos, 285
 pavimentación, **291**, 1660
 pavo, 1438
 - real, **221**, 1266, 1438, **1547**
Paxillus involutus, **2856**
 peces, **2416***
 - especies cultivadas en
 agua de mar, 37
 - especies cultivadas en
 agua dulce, 37
 pecio, **268**
 peciolo, **932**, **1620**
Pecopteris, **2441**
Pecten maximus (vieira), **37**
 pectínasas, 1171
 pectínido, 2159
 pechblenda, 2070, 2669, 3222
 pechina, **534**
 pedal, **465**
Pechastrum, 141
 pediatra, 2038
 Pediatría, 1565, 1652, **2028**,
2420*
 pedicelarios, **1173**
 pedicularis, **2173**
 pediculosis púbica, 1162
 pedipalpos, **285**
 pedúnculo, **285**
 - hipofisario, **1614**
 pegamento, 705
 penachímetro, **1504**, **2470**
 pelagra, 153
 peletería, **2422***
Pelicosaurio dimetrodon,
2395
 película, **598**, 1794
 - de infrarrojos, 267
 - de selección, **1186**
 - fotográfica, 1666
 - infrarroja, **1378**
 - inversible, **1378**
 - lenta, **1378**
 - Lith, **1378**
 - media, **1378**
 - pancromática, **1378**
 - Polaroid, **2542**
 - rápida, **1378**
 - ultrarápida, **1378**
 pelo, **2424***
 - de animal, 2402
 - de cobertura, **2425**
 - de lana, **2425**
 - externo, **2422**
 - hispido, 2424
 - interno, **2422**
 - radical, **247**, **2688**
 - sensitivo, 284
 peltre, **1221**
 pelvis, **280**, 1657
 - renal, **3227**
Pemaeus (langostino), 37
 péndulo, 2015, 2884
 - contrabalanceado, **440**
 peno, **724**, **1466**, 1898
 penicilina, 231, 232, 730, 1293,
 1303, 1365
Penicillium, 230, 231, **2145**,
2857
 - *chrysogenum*, 2145
 - *corylophilum*, 479
 penillanura, 1178, **1493**, **2780**
Pentaceratops, **3176**
 pentaeritrilo, 132
 pentano, **1447**, 2083
 pentaprisma, **2584**
 pentazocina, 189
 pentecios, **1213**
 penteno, 1593
 pentino, 2083
 pentosa, **1519**
 pentóxido de fósforo, 2374
 pentrita, 1285
 penumbra, eclipse de, **1047**
people movers, **2193**
 pepónido, **1403**
 pepsina, **182**, **1002**, **1170**,
1238, 2638
 pepsinógeno, 1239
 Pequeña Nube de
 Magallanes, 915
 Pequeño Carro, **325**
 pequinés, **2442**
 perálumán, 173
 perácido, 2375
 perca, **217**, **3261**
 - *flavescens*, 36
 percentiles, **1219**
 percepción, **2426***
 percloroetileno, 1029, **1840Dj**
 - percutor, 176, 2174
 perdiguero, **2444**
 perennifolio, **246**
 perezoso, 220, 223, 1930
 perfil alar, **407**
 perforación petrolífera, 1705,
2428*
 perforadora, **702**, **2966**
 - de tarjeta, 2315
 perfume, **2430***
 pergamino, 1836, 2402, **2432***
 - vegetal, **2433**
 pergelisuelo, **2438**
 pericardio, **281**, **628**, **838**
 pericarditis, 280
 pericarpio, 277
 pericarlo, 1402
 perico, **2140**
 peridotita, **1495**, **1939**, **3077**
 perifoque, **2140**
 perigonio, 531
 perihelio, **782**, **2054**
 perillartina, **2806**
 periné, **1466**
 periódico, 1684, **2434***
 período, **2050**
 - de Würm, 738
 - glacial, **1501**, **1503**, 1504,
 2114
 - interglacial, **738**, **896**,
 1501, 1622
 periodoncia, **996**
 periodontitis, 997
 periodonto, **994**
 periostio, **1656**
 periscopio, 267, 2305, 25, 84
 perisodáctilo, **663**, 1931, 2391
 peristalsis, **1746**, 3080
 peristomio, **1547**
 peritonitis, 1162
 - aguda, 3203
 perla, **568**, **1457**
 - cultivada, **1457**
 perlita, **272**
Permafrost, 1227, **3245**, **2438***
 Pérmico, período, 600, 623,
 872, 978, 1751, **2394**, **2440***
 permutación, **774**
 - circular, **774**
 perno de articulación, **362**
 perno de rotación, 763
 peroné, 1657
 peronospora, **2144**
 peróxido, 965, **2375**
 - de sodio, 1981
 peroxisoma, **655**
 pernillo de la pradera, 220
 perro, **2442***
 - de guía, **2444**
 - esquimal, **2443**
 persal, **2375**
 Perseides, **2085**
 Perseo, 804
 Pershing II, **2136**
 perspectiva, 989, 992, **2446***
 - angulada, **2447**
 - central, **2447**
 - científica, **988**
 - lineal, **2447**
 - oblicua, **2447**
Perspiratio insensibilis, **965**
Perspiratio sensibilis, **965**
 PERT (Program Evaluation
 and Review Techniques),
2448*
 pesca comercial, **2451**
 - con boliche, **2451**
 - con red de cerco, **2451**
 - con red sonda, **2451**
 - de arrastre, **2451**
 - de deriva, **2452**
 - de fondo, **2453**
 - de marisqueo, **2453**
 - de trasmallo, **2452**
 - deportiva, **2452**
 - pelágica, **2453**
 - y piscicultura, **2450***
 pescado, **2450**
 Pesebre (cúmulo estelar),
 913
 peso, 1010
 peseta, 54, 1010, 1976, 1991
 - atómico, 100, **335**, **747**,
 1106, 1348, **2456***
 - definición de, **438**
 - específico, 1790
 - molecular, 290, 2093,
2152
 peste, 1155, 1158, **2458***
 - bovina, 3265
 - bubónica, 1606, **2458**
 - cutánea, **2459**
 - del estafío, **1220**
 - negra, **2459**
 - pulmonar, **2459**
 pesticida, 819, 1301
 petalita, **1854**
 pétalo, **1350**, **2505**
 petirrojo, **387**
 - europeo, **388**
Petruphera viviparicula,
3275
 Petrografía, 1474, **2460***
 petróleo, 290, 354, 492, 616,
 626, 644, **550**, **781**, 1028,
 1118, 1134, 1136, **1140**,
 1264, **1442**, 1450, 1592,
 1594, 1596, 2180, 2296,
 2428, **2462***, 2466, 2525,
 2646, 2795
 - bruto, 1446, **2466**
 - sintético, **2465**
 petrolero, **3160**
 Petrología, **2460**
Petromyzon marinus, 36
 Petromyzontideos, 842
 petroquímica, **2466***
 pez, **37**, 220, 333, 2450
 - acorazado, **2342**
 - actinopterigio, **843**
 - carnívoro, **2119**
 - cinta, **483**
 - clavo, **3067**
 - espada, **483**, **2452**
 - griega, **102**
 - hacna, **483**
 - linterna, **483**
 - luna, **1658**, **2417**
 - martillo, **483**
 - ósco, **217**, **2394**, **3259**
 - papagayo, 2114
 - pelágico, **2452**
 - perca de Rumanía, **227**
 - piedra, **2119**
 - saltarín del fango, **2417**
 - toro, **3067**
 - trípode, **483**
 - vela, **2452**
 - víbora, **483**
 - volador, **1861**
 pezón, **1510**, 1929
 pH, acidez y basicidad,
 29, 1312, **2470***
Phascogale, **959**
Phascolumis ursinus, 1969
Phenacodus, 663
Phulanthus, **244**
Phocaena phocaena, **689**, **934**
Phoenix dactylifera, **958**
Pholas dactylus, 490
Photoblepharon, 490
photoflood, **1381**
 phragmites, **124**
Phrynosoma coronatum, **958**
 phylum, 216
Phyllis scolopendrium, **1773**
Phylloxera vastatrix, **2508**,
3270
Physeter catodon, 689
Phytophthora infestans, 2414
 piámadre, **684**
 piano, **1730**, **2472***
 - acústico, 1734
 - de cola, **2473**
 - eléctrico, **1734**
 - electrónico, **1734**
 - vortical, **2473**
 pianola, 1735
 picea, 524, 1544
 pick up, 1025, 1545, **1737**
 pico, **386**, **2170**
 - gordo, **386**
 - selvático, **386**
 - zapata, **386**
 picotero del cedro, **388**
 pichón, 1438
 piedra, 1064
 - de construcción, **2474**
 - de encendedor, **1118**
 - de granizo, **3111**
 - de sillería, **612**
 - de talla, **2474**
 - filosofal, 1364
 - fosfórica de Bolonia, **1362**
 - pómez, 940, 2432
 - preciosa, 1190, **1456**
 - trabajo de la, **2474***
 piel, **902**, **908**, 973, 1512,
2476*, 2955
 artificial, **1709**, **2350**
 - de noveno, **588**
 - de cañutito, **588**
 - de gallina, **2425**
 - de reptil, **588**
 - vuela, **588**
 pies ambulacrales, **1173**
 piezoelectricidad, **3145**
 píano, 1732
 pigmento, **138**, 751, 768, **772**,
1884, **2118**, **2418**, **2424**,
2476, **2484**, **3084**
 pila, **40**, 712, 1090, 1119
 - alcalina, **2481**
 - de combustible, **1597**,
2478*
 - de Fermi, **665**, 1427
 - de mercurio, **2481**
 - de níquel cadmio, **2481**
 - de óxido de plata, **2481**
 - de tipo seco, **705**
 - de Volta, **1080**, 1090,
2481
 - Daniell, **1103**, **2372**, **2480**
 - galvánica, **2372**, **2480***
 - no recargable, **40**
 - primaria, **1847**
 - recargable, **1846**
 - seca, **1102**, **1846**, **2480**
 - voltaica, **1102**, **2372**
 pila, **702**
 píloro, **832**
 píldora, **832**
 - anticonceptiva, **1645**
 - combinada, **833**
 píloro, **1004**, **1238**
 piloto automático, 424, 555,
2482*
Pinea albertiana conica, **1773**
 pingüino, **1269**
Pinna, **2158**
 Pinnípedos, 1452
 pino alpino, **3245**
 - de California, **738**
 - septentrional, **524**
 pinocitos, **3089**
 pintaraja, **482**
 pintura rupestre, **1625**, **1850**
 pinturas y barnices, **2484***
Pinus, **124**, **904**
 - *longaevita*, **269**
 pinza, **369**, **728**
 pinzón, **1270**, **1277**, **2843**
 piñón, **363**, **1164**
 piojo, **282**, **2408**
 pion (partición), 1339
 pipeta, 1793, **2522**
 piraguilla, **2522**
 pirazolona, 189
 pirenomicetales, 2145
 piretro, 1925
 piridoxina, **3315**
 pirinidina, **2007**, **2157**
 pirita, **432**, **1600**, **2122**
 pirocatequina, **1301**
 piroclasto, **3319**
 pirocloro, **3226**
 pirógeno endógeno, **1322**
 pirolisis, 493, **1901**, **2093**
 pirolusita, 1992, **2374**
 pirómetro, **1649**, **3048**
 Pirosonicos, **841**
 pirotecnia, 1406, 2070
 pirotorios, 663
 piroxeno, 568, 1859, 2070,
2124
 piruvato, 1520
 piscicultura, **36**
 piscifactoría, **2454**
 Piscis, **804**
 piso basal, **3245**
 pisolino, **1535**
 pista de despegue, **61**, **63**
 - de rodadura, **61**, **62**
 - magnética, **1228**
 pistilo, **1351**, **2505**
 pistola, **2488***
 - ametralladora, **2489**
 - automática, **2488**
 - de iluminación, **2489**
 - de señales, **2489**
 - de tambor, **2488**
 pistón, 176, 186, **350**, **2180**
 pitagorismo, **2272**

- pitch-pine, 1900
Pithecanthropus, 898, 1632
 pits, 1022
 pixel, 2996, 3100
 pizarra, 344, 612, 661, 807
 - bituminosa, 2463
 placa, 714
 - base, 2174
 - continental, 2171, 2787, 3057
 - de deflexión, 2364
 - de Peyer, 3080
 - dérmica, 2417
 - fotográfica, 1626
 - fotosensible, 1628
 - litostérica, 1475, 1857, 1939, 1859
 - oceánica, 2787
 - tectónica, 1492
 placebo, 1037
 placenta, 235, 1114, 1510, 1299, 1968, 2410
 placentario, 1631, 1929
 placodermos, 842, 2393, 2395, 2417
 plaga, 1712, 1721
 plagioclase, 171, 1880
 plaguicida, 1712
 planarias, 1548, 2357, 2731, 2775
 plancton, 39, 483, 1049, 2417, 2453, 2490*, 2567, 2996
 - temporal, 2491
 - vegetal, 1961
 planeado, 1399
 planeador, 402, 2494*, 3329
 planeo, 1861
 planeta, 327, 328, 332, 1430, 1476, 1494, 1782, 1882, 2233, 2284, 2498, 2549, 2922
 - ausente, 298
 - azul, 3075
 - exterior, 2894
 - interior, 2894
 planetario, 360, 2498*
 planetas, 2500*
 - jovianos, 3224
 - terrestres, 3224
 planetoides, 298
 planimetría, 1832
 planímetro, 257
 planisferio, 912
 plano complejo, 952, 1741, 1871
 - de Boniotti, 1858, 2977
 - de Newton, 3009
 - escribiente, 1948
 - euclideo, 827
 - focal, 594
 planta, 1570, 1620, 2504*, 2538, 2688, 2728, 3240
 - aerófila, 1353
 - anemófila, 1352, 2505
 - angiosperma, 1353, 1641
 - desalinizadora, 955
 - dioica, 2505
 - enfermedades, 2508*
 - entomófila, 1352, 2505
 - fanerógama, 246, 1350, 1571
 - forrajera, 2512*
 - fósil, 2504
 - heterospora, 1213
 - hidroeléctrica, 2573
 - hidrófila, 1353
 - homospóra, 1213
 - mesófila, 1353
 - monoica, 2505
 - química, 2502*
 - rupícola, 1772
 - tropical, 1749
 - unicelular, 2566
 - vascular, 1213, 2506
 plantares, 2037
 plaqueta, 296, 1109, 1567, 2347, 2812
 plasma, 330, 722, 1424, 1915, 1918, 1999, 2001, 2100, 2347, 2514*, 2812
 - sanguíneo, 670, 1844, 1848, 2367
 plasmalema, 435
 plásmido, 489, 1701
 plasmina, 2050
 plasmodios, 1924
Plasmodium, 1718, 1924, 2605
 - *falciparum*, 1925
 - *malariae*, 1925
 - *ovale*, 1924
 - *vivax*, 1924
 plasmólisis, 2367
Plasmopara viticola, 2144, 2509, 3271
 plastibell, 725
 plástico, 588, 626, 645, 806, 809, 880, 1592, 1660, 1670, 1709, 1733, 1748, 2102, 2139, 2348, 2462, 2517*, 2646
 - hidrófilo, 1828
 - natural, 2516
 - sintético, 2516
 - termoestable, 2516
 plastidios, 2003
 plastificante, 1301, 2484
 plasto, 655
 plastoquinona, 1394
 plata, 170, 1010, 1091, 1190, 1377, 2062, 2072, 2522*
 - 800, 2523
 - alemana, 2161
 - amalgama de, 994
 - de ley, 2523
 - viva, 2053
 plataforma continental, 822, 1471, 1705, 2428, 2524*
 - coralina, 275
 - de abrasión, 2528
 - de perforación, 2429
 platanista del Ganges, 689
Platanista gangetica, 937
 platanistidos, 689
 platanus, 873
 platelminto, 217, 1276, 1548, 1750, 2240, 2293
Plateosaurus, 1012, 2057
 platija, 2419, 2453
 platillo, 1731
 platina, 344, 1662, 2107
 platino, 354, 645, 1104, 1976, 2047, 2122, 2072, 2384, 2502, 2522, 2526*
 platinos, 366, 371, 373
 playa, 868, 2528*
 - de barrera, 122
 pleamar, 1150, 2295
 plecto, 2472
 plectro, 1733
 plegamiento, 1535
 - concéntrico, 1287
 - similar, 1287
Pleisanthropus, 1281
 Pleistoceno, 222, 662, 738, 896, 1272, 1280, 1622, 1798, 2391, 2525
 pletina, 167
 pleuras laterales, 282
Pleuromeia, 2056
Pleuronectes platessa, 36
 Pléyades, 912, 1106, 2233
 pliegue, 1475, 1940
 - asimétrico, 1287
 - en abanico, 1287
 - en rodilla, 1287
 - falla, 1287
 - simétrico, 1287
 - tumbado, 1287
 - volcado, 1287
 plintos, 809
 Plioceno, 662, 898, 1272, 1940, 2391
Pliohinus, 557
Pliohippus, 1278, 2391
Pliopithecus, 240, 1281
 plomo, 134, 261, 354, 749, 819, 889, 1009, 2062, 2478, 2530*
 - blanco, 1879, 2484
 - tetraetilo, 399, 2344
 - verde, 940
 plotter, 797, 2330
 pluma estilográfica, 506, 2385, 2532
 plumas, 384, 843, 992
 - corderas, 254, 388
 - de cola, 254
 - de mar, 483
 - de oca, 506
 - de vuelo, 254
 - funciones de las, 116, 117
 - partes de las, 116
 - remeras, 388
 - timoneras, 388
 plumilla, 506
 plúmín, 2532
 plúmón, 388, 843
 plúmula, 2848
 Plutón, 323, 1970, 2234, 2500, 2534*, 2895
 plutonio, 1107, 1348, 2536*, 3163
 plutonio-239, 509, 664, 778, 1979
 pluviógrafo, 2087
 pluviosidad, 1895
Plymouth rocks, 1438
 pneumatóforos, 623
 pneumococos, 436, 1680
 pneumógrafo, 972
 p-nitrofenol, 2471
 poa común, 2513
 población mundial, aumento de la, 73
 pod (contenedor), 393, 646
 poda, 2538*
 - de formación, 2539
 - de mantenimiento, 2539
Podon polyphemoides, 895
 podredumbre anular, 2414
 - húmeda, 2414
 - parda, 2414
 - seca, 2414
 pods, 936
 podsol, 2941
 pointer, 2442
 poiquiloterms, 1928, 2416, 3050
Polacanthus, 2057
 polacolor, 2543
 polaridad, 2387
 polarímetro, 1793
 polarización, 2305
 - circular, 1890
 - elíptica, 1890
 - lineal, 1890
 - natural, 1891
 - plana, 1890
 polarografía, 2540*
 polarógrafo, 2540
 polarograma, 2540
 polaroid, cámara fotográfica, 2542*
 polaroide, 246, 1891
 polea, 1418, 1579, 25pp44*
 - dentada, 2544
 - fija, 2544
 - móvil, 2544
 polen, 10, 12, 1298, 2505
 poliácridonitrilo, 627
 polialcohol, 2807
 poliamida, 178, 179
 poliandria, 238
 polibutadieno, 1, 2, 1076, 1230, 2550
 policarbonato, 2349
 policultivo, 74, 75, 1721
 polidipsia, 981
 poliedro, 258
 - arquimediano, 2549
 - conjugado, 2547
 - convexo, 2547
 - dual, 2548
 - regular, 2547
 - semirregular, 2549
 poliembrión, 284
 poliéster, 374, 796, 1319, 1934, 2485, 2520, 3096
 poliestireno, 1265, 2469
 polietileno, 1264, 1593, 2351, 2401, 2463, 2468, 2521, 2551
 polifita, 2512
 polifluorados, 2350
 polifluorohidrocarburo, 1265
 poligamia, 238
 polígonos y poliedros, 2546*
 polígrafo, 972
 polilla, 930
 - del manzano, 2510
 polimerasa del ARN, 488
 polimerización, 744, 1029, 1264, 2503, 2516, 2553, 2701, 2717, 3274
 polímero, 50, 133, 178, 486, 499, 744, 1076, 1230, 1555, 1660, 18w8, 1990, 2002, 2102, 2344, 2403, 2469, 2516, 2550*, 2598, 2646, 2870
 - acrílico, 1265
 - celulósico, 1265
 - fluorado, 2554*
 - plástico, 1300
 - sintético, 744, 1300
 - termoplástico, 1265
 polímetro, 1082
 - digital, 1083
 polimixina, 231
 polinización, 10, 532, 1298, 1352, 2843
 - artificial, 1298, 1585
 polinomio, 572, 1199, 1531
 poliomiélitis, 235, 1154, 1158, 1607, 1680, 2420, 3235
 polipéptido, 231, 232, 968, 2005, 2059, 2152, 2598
 polipiacóforos, 2159
 pólipo, 1048, 3190
 polipropileno, 1230, 2469, 2552
 poliqueto, 482, 1546, 1752
 polisacárido, 1519, 1520, 1522, 2059, 2398
 polisoma, 1619
 polispan, 2494
 politerpenoide, 3054
 poliuretano, 1301, 2296, 2349, 2467, 2552, 2968
 poliurina, 981
 polivinilcloruro, 1555
 polixina, 232
 polje, 1798
 polo, 328, 738, 1408, 1468
 - galáctico, 322
 - geográfico, 545, 1908
 - magnético, 545, 1908, 2224, 2386, 3078
 - negativo, 2478
 - norte, 1942
 - norte geográfico, 2224
 - norte magnético, 1093
 - positivo, 2478
 - sur, 1942
 - sur magnético, 1093
 polvo cósmico, 2280, 2786
 - de asbesto, 286
 - de diamante, 2249
 - de yeso, 2432
 - interestelar, 1433, 2232
 pólvora, 176, 1406, 2556*
 - explosiva A, 2557
 - explosiva B, 2557
 - negra, 614, 759, 1284, 1406, 1420, 2556
 - pírca, 759
 pollo, 1438
Polypilus, 2854
 pomez, 3321
 póngido, 240, 1281, 2569
 pontocáspica, región, 123
 popa, 1110
 porcelana, 672, 1648
 - aluminosa, 673
 - eléctrica, 672
 porífero, 217, 1751
 poro lactífero, 1510
 poro nuclear, 651
Porphyra tenera, 39, 140
 portahelicópteros, 549
 portainjerto, 1706
 portaobjeto, 2108, 2110
 portaviones, 549, 649, 892, 2558*
 portulano, 638, 640
 posidonia, 482
 positivado, 1794
 positrón, 236, 237, 1335, 1993, 2244, 2751
 posnoto, 1718
 posta, 3287
 postmuda, 895
 postquemador, 411
 potasa, 1313, 2562
 potasio, 170, 260, 276, 472, 1310, 1365, 1553, 1599, 1854, 2062, 2070, 2414, 2471, 2502, 2508, 2562*
 potencia, 826
 - del continuo, 826, 2275
 - del test, 828
 - eléctrica, 1144
 - explosiva, 1691
 potenciación, 1866
 potencial, 1985
 - de acción, 468
 - de ionización, 1918
 - de membrana, 468
 - de reposo, 468, 1036
 - eléctrico, 1080
 - redox, 2373
 potenciómetro, 794
 Potsdamiense, 600
 powellita, 889
 pozo, 104, 105
 - artesiano, 104, 105, 2729
 - de combustión, 2691
 - petrolífero, 2428, 2464
 pradera, 1226, 2564*
 prado alpino, 2564
praefurnia, 1613
 pragmática, 1875
 praseodimio, 1804
 praxiología, 1760
preboarding, 796
 precalentador de Cowper, 1600
 Precámbrica, era, 600, 872, 1751, 2440, 2566*, 2981
 precesión, 2227
 precipitación atmosférica, 82
 precisión, 484, 1235
 predicado, 1874
 predicción climática, 737
 preescudo, 1718
 pregnenodiona, 859
 pregnenolona, 859
 Prehistoria, 268
 Prehormonados, 241, 898, 2568*
 preluxación de la cadera, 1927
 premuda, 894
 prensa a vapor, 1841
 prensa de imprenta, 1589
 prensa de impresión, 1662
 prensa de platina, 1663
 prensa hidráulica, 1357, 1588
 prensa plegadora, 1356
 preorina, 2778
 prepucio, 724, 1467
 presa, 1586, 2118
 - de gravedad, 2574
 - de hormigón, 2574
 - de tierra, 2575
 - en arco, 2574
 - hidroeléctrica, 1139
 - y embalse, 2572*
 presbiopía, 1428, 3250
 preservativo, 832
 presión, 1072, 2576*, 3238
 - arterial, 2030, 2578*, 2862
 - atmosférica, 452, 694, 1729, 2256, 2301, 2576, 3228
 - de radiación, 264, 1241, 1250
 - del gas, 1073
 - del pulso, 2579
 - hidrostática, 105, 1705
 - interna, 2577
 - osmótica, 2366
 - sanguínea, 308, 1345, 2733
 presostato, 1816
 Prostet, 3005
 Primaria, era, 2440
 primata, 219, 220, 1280, 1631, 2569, 2580*
 1675
 primeros auxilios, 2582*
 primordio, 1213
 - de las ramas, 247
 primula muricola, 1772



- principio de Ampere, 1909
 - de Arquímedes, 701, 1514, **1586**, 1590
 - de conservación de la energía, 1131, 1169
 - de dualidad, 147
 - de equivalencia, 2748
 - de exclusión, 338
 - de Heisenberg, 2024
 - de Huygens, 999, 2720, 2722
 - de inercia, 1675
 - de invariancia, 2023
 - de la entropía, 1168
 - de la especialización, 1477
 - de la extinción, 1477
 - de mínimo, 2308
 - de paridad, 2024
 - de Pauli, 2022
 - de sustentación, 56
 - del contrapeso, 288
 principios de la termodinámica, 1169
 prisma, 258
 - de Nicol, 1891
 - de reflexión, 835
 - equilátero, 2585
 - isósceles, 2584
 - óptico, 768, 2584*
 prismáticos, 466, 2303, 2305, 2585
 prismatoide, 259
 proa, 1113
 probabilidad, 1216, 1234, 2586*
 - cálculo de, 1216
 problema de Cauchy, 1055
 - de Dido, 2306
 Proboscídeos, 663, 1273, 1931
 procariotas, 480, 528, 654, 1277, 2376, 3275
 procedimiento de Parkes, 2522
 procesador de textos, 2590*
 procesador digital de audio, 1913
 procesionaria del pino, 2876
 proceso de datos, 928
 - estocástico, 1758, 1985, 2589
 - Haber, 2255
 - Kroll, 710
Processus corneus, 844
 proclonidos, 1452
Procompsognathus, 1012
 procónsul, 241, 1281
 proctología, 2029
 producción de energía, 2400
 producto booleano, 146
 - cartesiano, 800, 827, 1414
 - de matrices, 2008
 - escalar, 952, 977, 1192, 1195, 1199, 1482, 1484, 1741
 - hermitico, 1193
 - lógico, 1872
 - retardante, 1670
 - vectorial, 977, 1199, 1484
 profase, 655
 profilaxis, 995, 1158
 - antirrábica, 2653
 profundidad de campo, 1794
 progestágenos, 832
 progesterona, 859, 1122, 1510, 1565, 1644
 proglótides, 2408
 programa, 2591
 - Apolo, 759
 - compilador, 2320
 - de ordenador, 2592
 - de rastreo, 2335
 - ensamblador, 2321
 - intérprete, 2320
 - lineal, 2592
 - matemático, 2592
 - mixto, 2592
 programación, 1691, 1982
 - booleana, 2592
 - dinámica, 1758, 2594
 - lineal, 1758, 2308
 - matemática, 2592*
 programador, 1818
 progresión, 2596*
 - aritmética, 1866, 2596
 - geométrica, 1866, 2596
 - hipergeométrica, 2597
 prolactina, 1108, 1510, 1615, 1644
 prolina, 885
 promecio, 1804
 promedio, 1219
 pronúcleo femenino, 788
 pronúcleo masculino, 788
 propano, 67, 131, 291, 1119, 1442, 1446, 1450, 1592, 1593, 2083, 2466
 propanol, 131
 propeno, 2083
propfan, 402, 1559
 propiedad antisimétrica, 798
 - asociativa, 143, 146, 1530, 2275
 - conmutativa, 143, 146, 1531, 2275
 - distributiva, 144, 147, 799, 976, 2275
 - reflexiva, 798
 - transitiva, 798
 propilenglicol, 964
 propileno, 744, 1301, 2083, 2469, 2503
 propino, 2083
Propiopithecus, 240, 1281
 proposición atómica, 1872
 - decidible, 2090
 - derivable, 2090
 - indecidible, 2090
 - molecular, 1872
 propulsión, 118
 - a chorro, 410, 1591
 prosaurópodos, 2057, 2393
 prosencéfalo, 680
 prosimio, 2569
 prosobranquios, 2159
 prosoma, 284
 prosomio, 1547
Prospaltella, 533
 prospección directa, 266
 - eléctrica, 267
 - geoquímica, 2126
 - magnética, 267
 - neutrónica, 2244
 - petrolífera, 2464
 - sísmica, 2428
 prostaglandina, 296, 1036, 1323
 próstata, 1466, 1898
 prostatitis, 1162
 protactinio, 1348
 protalo, 2507
 proteasas bacterianas, 1171
 proteasas fúngicas, 1171
 proteína, 132, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 178, 179, 180, 182, 183, 216, 234, 432, 480, 486, 488, 496, 587, 627, 767, 844, 902, 966, 1088, 1124, 1156, 1170, 1303, 1322, 1465, 1521, 1526, 1556, 1567, 1568, 1803, 1822, 1850, 1936, 1992, 2002, 2058, 2210, 2252, 2347, 2366, 2368, 2398, 2414, 2424, 2450, 2476, 2490, 2598*, 2758, 2812, 3274, 3314
 - regenerada, 1319
 - reguladora, 1459
 proteinemia, 1109
 proteo, 225
 Proterozoico, período, 600, 872, 978, 2566
 prótesis, 475, 2036, 2348
 - acústica, 342
 - sintética, 1176
Proteus, 436
 prótidos, 1850, 2113
 protio, 1596
 protistas, 528, 2602
 protistos, 2003
Protoceratops, 1013, 3176
Protocetidae, 934
 protocéltico, 1824
 protocordado, 217
 protoestrella, 1240, 1252
 protofibrilla, 183
 Protohistoria, 268
 protolisis, 2707
 protón, 14, 15, 16, 18, 19, 28, 79, 100, 236, 331, 337, 508, 590, 778, 924, 1078, 1090, 1092, 1106, 1133, 1330, 1340, 1334, 1348, 1424, 1596, 1762, 1764, 1804, 1854, 1916, 1918, 1978, 1990, 2001, 2022, 2070, 2146, 2244, 2252, 2263, 2372, 2456, 2479, 2630, 2684
 protoplaneta, 3075
 protoplasma, 1990
 protoplasto, 1830
 protorruso, 1824
 prototipo, 408
 protóxido de nitrógeno, 207
 protoxilema, 1901
 protozoos, 216, 217, 623, 1050, 1158, 1276, 1680, 1750, 1860, 1898, 2003, 2491, 2602*, 2987
 protitón, 2395
 protrombina, 1109
 protuberancia, 1345
 - eruptiva, 1044
 proustita, 2522
 proyección, 992, 2242
 - azimutal, 1943
 - cilíndrica, 638, 1943
 - cónica, 1943
 - equidistante, 1943
 - equivalente, 1943
 - estereográfica, 1943
 - Mercator, 638, 1943
 - ortogonal, 993
 - UTM, 641
 proyectil, 176, 614, 1284, 1420, 2174, 2193
 - cohete, 1806
 - de carga hueca, 443
 - deformable, 443
 - explosivo, 443
 - perforante, 443
 - subcalibrado, 443
 proyector, 2498
 - cinematográfico, 344
 - de diapositivas, 344, 2606*
 - episcopico, 345
Prunus persica, 531
 prurito, 136
 pseudohipertrofia, 1032
Pseudomonas aeruginosa, 140
Pseudomonas solanacearum, 2414
 pseudópodos, 480, 2602
Pseudosporochneus krejci, 2504
 psi (partícula), 1335
 psicoanálisis, 2028, 2243, 2609
 psicocirugía, 2611
 psicoestimulante, 2611
 Psicología, 1610, 1742, 1985, 2272, 2420, 2427
 - comparada, 1266
 - perceptiva, 1176
 psicólogo, 2029
 psicómetro, 3238
 psicópata, 2243
 psicosis, 1062, 2610
 - depresiva, 2243
 - funcional, 2243
 psicoterapia, 1610
 psilofita, 529
Psilophytales, 529
Psilophyton, 2504, 2874
 psilósidos, 1213
 Psiquiatría, 1652, 2029, 2608*
 psiyacosáuridos, 3176
Pseudococcus, 1718
 pteridofitas, 529, 2504
 pteridosperma, 622
 pterigotas, 285
Pterigotus buffaloensis, 979
 pterigógenos, 1717
 pterocladia, 139
Pterocles orientalis, 959
 pterodáctilos, 116, 384, 3087
Pterodactylus, 254
 pterópodos, 2491
 pteroptix, 490
 pterosaurio
 (*phamphorhynchus*), 254, 1012, 1787
 pubertad, 52, 1062, 1644, 2050, 3063
 - femenina, 53
 - masculina, 52
 pubis, 1467
 puente, 360, 2612*
 puente aéreo, 420
 - colgante, 1418, 2612
 - de arco, 2612
 - de Brooklyn, 2614
 - de hidrógeno, 2153
 - de tablero inferior, 3294
 - de tablero superior, 3294
 - de viga, 2612
 - levadizo, 2613
 - posterior, 351
 - romano, 2613
 - Tacoma Narrows, 2614
 - voladizo, 3292
 puerco espín, 1582, 2425
 - americano, 220
 Puericultura, 2420
 puerta (circuito), 720
 puerto artificial, 2617
 - de mar, 2616*
 - de Rotterdam, 2618
 - natural, 2617
Puffinus tenuirostris, 1526
 puffs, 891
 puiga, 477
 - de agua, 1799
 pulmón, 216, 722, 907, 1526, 2214, 2620*, 2774, 3166
 - artificial, 2622*
 - de acero, 474
 pulmonía, 1158, 1160
 pulpa, 996, 2711
 - blanca, 456
 pulpa de madera, 2402
 pulpa roja, 456
 pulpo, 482
 - vampiro, 483
 pulsación cardíaca, 1962
 pulsar, 106, 1243, 1250, 1254, 1524, 2001, 2278, 2285, 2624*
 - de Tauro, 2625
 pulvimetalurgia, 1357
 punta seca, 103
 punto ciego, 3310
 - de Curie, 948
 - de ebullición, 2301, 2724
 - de fluidez, 1878
 - de fuga, 2446
 - de fusión, 583
 - de inflexión, 953
 - de Lagrange, 2019
 - de mira, 2489
 - de rocío, 592, 2256
 - de silla, 3029
 - de trama, 2629
 - de urdimbre, 2629
 Didot, 1836
 eutéctico, 1848
 labor de, 2628*
 - muerto, 364
 punzado, 2161
 punzón, 635, 1581, 2956
 pupa (crisálida), 12, 1718, 2080
 pupila, 1828, 2292
 pura sangre inglés, 556
purdah, 1565
 purinas, 2007
 púrpura de Tiro, 772
 púrpura tiria, 772
 putrefacción, 780, 1302, 2202
 putrescina, 178
 puzolana, 661
 PVC (polivinilcloruro), 744, 2469, 2521
 PWR (central nuclear), 667
 pygostilo, 254
 pyrex, 3289
Pyrophorus noctilucus, 490
Pyrotherium, 663
 qanat, 104, 2729
 quark, 590, 15, 1336, 1991, 2266, 2630*
 quasar, 237, 303, 1139, 2278, 2285, 2632*, 2747, 3008, 3215
 quelicerado, 284
 quelícero, 284
 quelonios, 2760
 quemadura, 2636*
 - de primer grado, 2636
 - de segundo grado, 2636
 - de tercer grado, 2636
 queratina, 181, 844, 903, 1230, 1616, 1803, 2424, 2476, 3226
 queratinización, 2425
 queratoconjuntivo, 1577
Quercus, 873
 - ilex, 526
 - infectoria, 904
 - petraea, 525
 - pubescens, 525
 - pyrenaica, 525
 - robur, 526
 - suber, 526, 904
 queroseno, 754, 1141, 1446, 1450, 1592, 1670, 2428, 2465, 2466, 2716
 quesera, industria, 2638*
 queso, 2638, 2640*
 - blando, 2641
 - duro, 2640
 - semiblando, 2641
 quetones, 1520
 quetosas, 1518
 quiasma óptico, 680, 1614, 3309
 quilate, 2360
 quilo, 1003
 quilomicron, 1851
 quilópodos, 285
 quilla, 938, 2219
 quimera, 842, 3259, 1701
 Química, 154, 334, 554, 1288, 1328, 1344, 1390, 1476, 1687, 1754, 1790, 2039, 2078, 2255, 2642*
 - analítica, 1102, 2645
 - aplicada, 2645
 - del carbono, 1107, 1230
 - fina, 2646
 - física, 2645
 - industrial, 2646*
 - inorgánica, 198, 496, 2645, 2646
 - orgánica, 198, 208, 496, 626, 1107, 1891, 2344, 2502, 2645, 2648*
 quimiorreceptor, 188
 quimioterapia, 611, 1293, 1756, 2028
 quimioterápico, 1294, 1681
 quimo, 1002, 1005, 1238
 quina, 127
 quinina, 126, 127, 188, 1634, 1925
 quinolona, 231
 quintal inglés, 2047
quipus, 8, 2270
 quirópteros, 116, 117, 663, 1861, 1930
 quisquilla, 123
 quiste, 2409
 - del iris, 2098
 quitina, 282, 1716
 quítón, 2158

R

rabia, **2652***, 3265
 rabinorcadado, **386**
 racionalización, **2242**
 racismo, **2698**
 radar, 121, 392, 414, 512, 517, 555, 633, 649, 1101, 1355, 1834, 1863, 2055, 2100, 2370, **2654***, 2673, **2993**, **2996**, 3130, 3132
 - de a bordo, **426**
 - de láser, **2657**
 - de microondas, **1838**
 - Doppler, **1067**
 radiación, 228, **576**, **584**, 1708, **1764**, 1927, 2684, 2686, 2701, 2726, 2838, **2658***
 - alfa, **813**, 1764
 - beta, **813**, 1619, 1764, **1897**, **2266**, **3162**
 - cósmica, 1133, 2254, 2661, 2696, 2700
 - de frenado, **2693**
 - de onda larga, 2400
 - electromagnética, **1067**, **1202**, 1354, 1362, 1596, **1692**, **1838**, 2067, 2692
 - fluorescente, 2461
 - gamma, 1329, 1348, 1764, **2266**, 2536, **2660**, **2687**
 - infrarroja, 817, 835, 998, 1019, **1070**, 1132, **1202**, 1208, **1390**, **1886**, **2199**, 2670, 3046, 3256
 - ionizante, **814**, **1721**, 2041, **2659**, 2661
 - luminosa, 1628, 2156
 - luminosa visible, 1202
 - sincrotrónica, **2673**
 - solar, 526, 583, 738, **910**, **1070**, 1153, 1692, 1894, 1920, 1957, 2053, 2234, 2256, 2400
 - térmica, **1692**
 - ultravioleta, 601, 705, 1202, 1208, 1388, 2041, 2156, **2199**, **2382**, 2670
 - visible, 1208, **2199**, 2382
 - 3K, 2674
 radiactividad, 509, 665, 747, 812, **814**, 1132, 1426, 1495, 1766, 2244, **2660***, 2262, 2668, **2768**, 3162, 3222
 - alfa, **2244**
 - artificial, 2701
 - beta, 1409, **2244**
 radiador, 577
 radián, **1869**, **3180**
 radiante, **2084**
 radicación, **1866**
 radical alquílico, 178, 180
 - fluorhídrico, 1104
 - muriático, 1104
 - químico, 180
 radio, aparato, 168, 345, 558
 radio, elemento químico, 1364, 1657, 1684, **2668***, 3334, **2070**, **2664***
 - hueso, **281**
 - onda, 998
 - vector, 1484
 - altímetro, **427**
 Radioastronomía, 1433, 2156, **2280**, **2670***
 radiocarbono, 924
 radiocomunicaciones, **2676***
 radiodiagnóstico, 2663
 radiodifusión, 2678
 radioenlace, **2680**, **3002**
 radiofaro, **2482**, 3130, **2682***
 radiofrecuencia, 1462
 radiogalaxia, **2673**
 radiogoniómetro ADF, **2683**
 radiografía, 995, **1755**, **2030**, **2686**, 2692
 radioisótopo, 664, 813, 1498,

1766, 2199, **2660**, **2684***, 2701, 2768
 radioarios, **2602**
 Radiología, 1766, **2029**, 2070, **2686***, 3100
 - diagnóstica, **2686**
 - terapéutica, **2687**
 radiómetro, **1694**
 Radioquímica, **1390**, 2684
 radiorreceptor, **2667**
 radioteléfono, **3001**
 radiotelegrafía, **2819**
 radiotelescopio, 229, 302, **304**, 559, 864, 1100, 1784, 2156, **2280**, **2624**, **2670**, 3210, 3219, 3269
 radioterapia, **610**, 1449, 1756, 1766, **2029**, **2669**
 radomo, **401**
 rádula, **2158**
 radón, 260, **1448**, 2374
 rafe, **2848**
 ragdoma, **3310**
 raíz, **1306**
 raíz, 246, **247**, 1706, **2425**, **2688***
 - adventicia, **2688**
 - axonomorfa, **2688**
 - fascicular, **2688**
 - fúlcra, **2688**
 - napiforme, **2688**
 - n-ésima, **1866**
 ralentí, 356, 357
 RAM (Random Access Memory), **570**, **2104**, **2326**
 rama, **246**
 Ramapithecus, **240**, 663, 1280, 2569
 - punjabicus, 241
 ramjet, **1224**
 rampa de lanzamiento, **2690***
 rana, 1345
 Rangifer caribou (reno), **220**
 Rangifer tarandus, 898
 Rankine, ciclo de, **581**
 Ranunculus, **124**
 rapaz, **387**
 rapé, **482**, **2948**
 raquianéctido, **688**
 raquianestesia, **206**
 raquitismo, 152, **153**, 568, 1160, 2420
 rascacielos, 271, 1065
 raso, 2833
 rasqueta, **1664**
 rasqueta, 635
 rastra, 1417
 rata, 1269
 raticida, **1712**
 ratón almizclero, 2422, 2430
 ratón de mar, **1547**
 ratón marsupial, 1969
 Rauwolfia, **127**
 raya, **482**
 rayas de Fraunhofer, **1203**
 rayón, 374, 796, **1318**
 - acetato, **1319**
 - viscoso, **1319**, **2905**
 rayos, **1078**, **1800**, **3111**, **3073**, **3187**
 - alfa, 606
 - beta, 606, 2413, **3109**
 - catódicos, 1838, 2364, **2692**, **3186**
 - coronarios, **1045**
 - cósmicos, 15, **237**, 269, 329, **924**, 1329, 1693, 1767, **1886**, 2392
 - cósmicos solares, **1919**
 - gamma, 236, 606, **813**, **814**, 1202, 1388, 1443, 1693, **1886**, 1917, **2199**, 2413, 2670, 2726
 - incidentes, **2304**, **2720**
 - infrarrojos, 513, 518, 1813, 2102
 - láser, 565, 1139, 1372, 1425, 2748, 2992
 - reflejados, **2720**
 - solares, 2058
 - ultravioletas, 152, 503, 606, 782, 908, **962**, 1397, 1497, 2053, 3273

- X, 236, 606, 889, 998, 1202, 1208, 1329, 1354, 1362, 1363, **1390**, 1693, 1754, **1886**, **2028**, 2130, 2154, 2670, **2686**, **2692***, 3100
 - y pararrayos, **2696***
 ray-grass, 2513
 razas humanas, 1632, **2698***
 razón áurea, **1058**
 razón trigonométrica, **1869**
 Rea, **2829**
 reacción alérgica, **136**, **137**
 - reacción anafiláctica, **137**
 - antígeno-anticuerpo, **137**
 - catalítica, **2707**
 - de adaptación, **1513**
 - de conversión, **2243**
 - de desplazamiento, **2706**
 - de fusión, 2233, 2245
 - de neutralización, 3092
 - de oxidación, 2707
 - de Paul-Bunnell, **2162**
 - de precipitación, 3092
 - de reducción, 2707
 - de Wassermann, 1109
 - electroquímica, **2707**
 - en cadena, **509**, **664**, **1348**, 1790, **1978**, 2266, 2536, 2556, **2701**
 - endotérmica, **2707**
 - exotérmica, **2372**, **2707**
 - fotoquímica, **2707**
 - inmunitaria, **1710**
 - nuclear, 106, 1993, 2244, **2700***
 - en cadena, **100**, 2684
 - protolítica, **2707**
 - química, 1102, 1170, 2372, 2374, 2384, **2700**, **2704***
 - redox, **2373**
 - reversible, **2707**
 - termonuclear, 1242, 1596, **1916**
 reacción tisular, **136**
 reactividad, 2070
 - química, **1854**
 reactivo, **2704**
 reactor, **396**, **1333**
 - catalítico, **2502**
 - de columna, **2502**
 - esquema de un, **668**
 - láser, **1139**
 - nuclear, 523, 1132, **1139**, 1141, 1330, 1333, 1348, 1595, 1596, 2075, 2536, 2768
 - nuclear de fisión, **664**
 reagina, **235**
 realimentación, **346**, **692**, 2896
 reanimación, **2708***
 - cardiopulmonar, **2582**
 - y terapia, centros de, 175
 rebeco, **1269**, **2173**
 rebozuelo, **2856**
 recámara, 176, 442
 recambio energético, **155**
 receptor, **343**
 - de AM, **2665**
 - LORAN, **1876**
 - olfatorio, **2298**
 - sensorial, 1267
 - superheterodino, **2667**
 - táctil, **2954**
 reciclaje de desechos, **2710***
 recocido, **2078**, **2160**, **3168**
 rectificación, **714**, **1016**
 - y pulido, **2714***
 rectificador, **1099**
 rectificadora, 2960
 recto, **907**, **1004**, **1746**
 rectoscopio, **1127**
 red, 2307
 - cristalina, **881**
 - de arrastre, 484, 1704, **2452**
 - de Bravais, **880**
 - de pesca, 2270
 - de plancton, 485
 - de Welsbach, **1692**
 - iónica, 1763
 redécilla, **538**, 2368

- reducción, 853, 1221, 2527, 2540
 reductor, **2373**, 2378
 - de velocidad, **1164**
 refinó, **2464**
 - del petróleo, **2716***
 - químico, 740
 reflejo, 2718
 - condicionado, **242**, **243**, **2718***
 reflexión, **253**, 999, **1884**, **2304**, 2682, **2720***
 - difusa, **1884**
 - doble, 253
 - especular, **1884**
 - simple, 253
 - sonora, 48
 - total, **253**, **1884**
 reflujo, **1728**
 refracción, **253**, 999, 1826, **1884**, 2304, **2584**, 2682, **2722***
 - atmosférica, **2861**
 - óptica, 3257
 - sonora, 48
 refractómetro, **431**, **2722**
 refrigeración, 164, 1400, 2400, **2724***
 - principio básico, **32**
 - termoelectrónica, **1401**
 refrigerante, **665**, **1400**, 1448
 refugio antiatómico, **2726***
 regadío, 68, 69
 - sistemas de, **2728***
 regeneración, **1175**, **2858**
 - biológica, **2730***
 regenerador de oxígeno, **2932**
 región crítica, 828
 región de aceptación, 828
 regla de Barrow, **1739**
 - de Bayes, **3031**
 - de cálculo, 1030, **1870**
 - de Cramer, **1060**
 - de inferencia, **1874**
 - de reescritura, **1875**
 - de separación, **1874**
 - de universalización, **1875**
 regresión, **2242**
 reguesadora, **635**
 regulación biológica, **2732***
 - metabólica, 498
 regulador de Watt, **692**, **1411**
 rehabilitación, medicina de, 1176
 reino Animal, **528**
 - Vegetal, **528**
 - Zoográfico, **220**
 reja, **1953**
 rejilla, **714**
 relación asimétrica, **2735**
 - binaria, 1875
 - circular, 2735
 - correspondencia y aplicación, **2734***
 - de compresión, **2185**
 - de equivalencia, 825, **2738***
 - de orden, **798**, **1195**, **1263**, **1533**, **2740***
 - de preorden, **2738**
 - intransitiva, **2735**
 - irreflexiva, **2735**
 - propia, **2735**
 - recíproca, **2735**
 - reflexiva, **2735**
 - simétrica, **2735**
 - transitiva, **2735**
 - vacía universal, **2734**
 relajante muscular, **127**
 relámpago, **2696**, **3073**
 - del helio, **1243**
 relatividad, 2195
 Relatividad restringida, **2744**, **2750***
 Relatividad, Teoría General de la, **2742***
 relativismo cultural, **238**
 relaxina, **1645**
 relé, **120**, 821
 religión, 1682
 reloj, **2752***, 3069
 - analógico, **1030**

atómico, **1814**, **2754***, **3069**
 - de cesio, **2754**
 - de sol, 1788, 2046, **2756***, **3069**
 - digital, 1030
 - eléctrico, **2752**
 - electrónico, 2046, **2363**
 - programador, **1816**
 rémiges, **116**, **117**
 - primarias, **116**
 - secundarias, **116**
 - terciarias, **116**
 rémol, 2417
 remolacha azucarera, 430, **2713**
 remolacha forrajera, 2512
 remolcador, **2617**
 rémora, 483, 2408
 Renacimiento, 271, 1836, 2138
 - italiano, 988
 renina, **1002**, **1170**
 reno, **220**, **222**, 848
 renta per cápita, 1218
 reostato, **794**
 repetidor, **558**
 repoblación forestal, 1903
 repolarización, **1036**
 reportaje, **2434**
 reprise, **374**
 reproducción, 908, 1298, **2002**, **2758***, 2858
 - asexual, **1174**, **1298**, 1547, **2509**, **2759**
 - celular, **2758**, 3188
 - humana, 1498
 - in vitro, **1702**
 - molecular, **2758**
 - sexual, **1298**, 1575, **2759**, 3277
 reptil, **116**, **216**, **218**, 623, 1012, **2760***, **3260**
 - estructura de un, **217**
 - fósil, 1369
 - volador, 255, 2056
 requesón, **2638**
 resaca, 869
 reserpina, 127, **942**, 1237
 resfriado, **2764***
 - común, **1154**, **1158**, 2299
 residuo, **970**
 - eliminación, **2766***
 - luminoso, **1362**
 - radiactivo, **2768***
 resina, 626, 717, 1313, 1660, 1850, 2380, 2430, 2484
 - aniónica, **1763**
 - curada, 996
 - de intercambio iónico, **1763**
 - de sílica, **2871**
 - epoxidica, 627, 2190, **2520**
 - fenol-formaldehído, 1300
 - fenólica, 2467, **2520**
 - poliuretánica, 1265
 - sintética, 50, 905, 1828, **2486**
 - ureica, 2467
 - vegetal, 1707
 resistencia, 54, **712**, **714**, 716, 719, 1079, 1094, **3326**
 - a la fatiga, 308
 - acorazada, 755
 - aerodinámica, 443
 - ajustable, **794**
 - de precisión, **794**
 - dieléctrica, 286
 - eléctrica, **1082**, **1934**
 - fija, **794**
 - tipos de, **793**
 - variable, **794**
 resistividad, 1081
 resistímetro, **3058**
 resistor, **1081**
 resonador de Helmholtz, **2927**
 resonancia, **209**, **1336**, **2772***
 - acústica, **2772**
 resorcina, **1300**, **1301**
 respiración, 471, 1620, 2238, 2298, 2382, 2620, 2622, **2774***

- aeróbica, 1302
 - artificial, 2709
 - boca a boca, 2582
 - boca a nariz, 2709
 - branquial, 2379, 2416
 - cutánea, 2379
 - pulmonar, 333
 - traqueal, 2379
 respirador automático, 2622
 respirador mecánico, 175
 reticulado, 1665
 retículo, 146, 799, 1262, 2740
 - cristalino, 1995, 2109
 - de difracción, 769
 - distributivo, 147, 1873
 - endoplásmico, 496, 655
 retículos, teoría de, 146
 retina, 770, 981, 1370, 2106, 2292, 2426, 3309
 retineno, 1886
 retinol, 3315
 retinopatía, 1370, 2098
 retorta, 1441, 1789
 retráctómetros, 835
 retraso mental, 2938
 retriever, 2442
 retroceso, 176
 retrocoete, 2975
 Reumatología, 2029
 reumatólogo, 2039
 revelador, 885, 886, 1794
 - de llama, 887
 - fotoeléctrico, 1315
 reverberación, 2919
 Revolución agrícola, 1952
 Revolución científica, 698
 Revolución industrial, 271, 616, 806, 834, 1308, 1950, 2402, 3120
 Revolución informática, 1690
 Revolución verde, 532, 930, 1713
 revólver de tambor, 2488
 reyazuelo de la Isla de Stephens, 226
 rezón, 204
 Rh, factor, 2776*
Rhachianectes glaucus, 690
Rhinoceros etruscus, 898
Rhinoceros mercki, 898
Rhinoceros tiorhinus, 898
rhinovirus, 2764
Rhizobium, 1823, 2254
 - japonicum, 2255
Rhizopus, 2145
 - stolonifer, 2144
Rhode Island, 1438
Rhodophyceae, 528
Rhus coriaria, 904
Rhus toxicadendron, 1301
Rhus typhina, 904
Rhynia, 2504
 riboflavina, 140, 2414, 3315
 ribonucleótidos, 2154
 ribosa, 488, 968, 1518, 2005, 2007
 ribosoma, 230, 966, 488, 496, 499, 653, 1124, 1617, 2003, 2878
 ribostamicina, 231
 ricino, 2848
 rickettsia, 232, 1160, 1531, 1680
 rickettsiosis, 1160
 riego por aspersión, 2728
 - por goteo, 2729
 - por inundación, 2728
 rifamicina, 231
 rifampicina, 231
 rift, 2290
 Rigel, 1257
rigor mortis, 2203
 rimaya, 1507
 Rincocéfalos, 1014, 2760
 rinitis diftérica, 1001
 rinoceronte, 844, 1369
 - de Sumatra, 225
 - lanudo, 1624
 Rinocerontidos, 2391
 rinoplastia, 732
 riñón, 128, 907, 984, 1000, 1005, 1603, 2778*, 3164
 - artificial, 984

rio, 2780*
 riser, 249
Rivularia, 140
 rizoide, 2507
 robinia, 1901
 roble, 524
 - albar, 525
 - negral, 526
 robot, 349, 355, 1743, 2169, 2486, 2784
 - industrial, 1026
 Robótica, 2784*
 roca, 2460, 2786*
 - aborregada, 1500
 - almacén, 2463
 - basáltica, 1959
 - calcárea, 1535
 - caliza, 1180
 - corneana, 2791
 - crustácea, 2170
 - devónica, 978
 - endógena, 2460
 - filoniana, 2788
 - fosfática, 1365
 - hiposilícea, 1858
 - ígnea, 1858, 2460, 2786, 2788
 - madre, 2463
 - magmática, 612, 2788*
 - metamórfica, 612, 1474, 1859, 2460, 2786, 2790*, 2793
 - orgánica, 2792
 - plutónica, 2788, 3318
 - precámbrica, 2566
 - sedimentaria, 612, 1366, 1474, 1858, 2171, 2464, 2786, 2789, 2792*
 - volcánica, 2474, 2786, 2788
 rocío, 82, 84, 791
 rodaballo, 2454
 rodamiento, 762
 rodingita, 2791
 rodio, 2072, 2381, 2384, 2526
 rodocrosita, 1329
 rododendro, 1772
 Rodoficea, 140
 rodofita, 138
 rodopsina, 3309
 roedor, 220
 rollbar, 379
 ROM (Read Only Memory), 570, 2104
 romana, 440
 rombencéfalo, 680
 rompehielo, 553
 rompeolas, 868
 rompiente, 1958
 ron, 128
 roña del olivo, 2510
 rorcual, 690
 - azul, 689
 - boreal (*Balaenoptera borealis*), 690
 rosa, 2539
 - de Jericó, 3245
 - de los vientos, 545, 638, 3291
 roscoelita, 3237
Rosellinia necatrix, 3271
 roseola infantil, 2815
 rotación, 278
 - de la Tierra, 846, 864, 1473, 2114, 2756, 3069, 3070
 - desequilibrada, 278
 - retrógrada, 3254
 rotativa, 1120, 1664, 1666, 2796*
 - offset, 2435
 rotenona, 1715
 rotífero, 217
 rotómetro, 1237
 rotor, 410, 670, 1095, 1146, 1560, 1818, 2189, 2192, 2883
 - Savonius, 1147
 rótula, 278, 362, 1657
 rotulismo, 2240
 roya, 233, 678
 - del café, 2508
Royal Ann, 1403

rozamiento, 762, 1223, 1878, 3306
 - cinético, 2798
 - dinámico, 2798
 - estático, 1223, 2798
 - fuerzas de, 2798*
 ruade, 1215
 rubí, 882, 889, 1363, 1456, 1810, 2122
 rubeola, 3037, 3235, 1926, 2815
 rubido, 1009, 1553, 1854, 1956, 2070, 2754
 - sintético, 1020
 rublo, 1010
 rucha, 324
 ruda, 2430
 rueca, 1609, 2982
 rueda, 465, 1164, 2179, 2800*
 - de fricción, 1164
 - de hilar, 1609
 - de paleta, 1558, 2220
 - de radios, 2801
 - dentada, 1164, 1184
 - directriz, 361
 - helicoidal, 1165
 - hidráulica, 72801
 - intermedia, 1164
 - motriz, 361
 ruido, 44, 819
 ruiseñor del mirto, 387
Rumex hymenosepalus, 904
 rumia, 538, 2368
 rumiante, 538
 rupicapra, 220
 rutenio, 2072, 2526
 rutherfordio, 3163
 rutilo, 2125, 2484, 3090

S

Sabal palmetto, 904
 sabana, 957, 1226, 2564, 2802*, 3244
 - arbolada, 2802
 - arbustiva, 2803
 - espinosa, 3244
 - húmeda, 3244
 - seca, 3244
 sabueso, 2442
 sacarificación, 1303
 sacarina, 128
 - y otros edulcorantes, 2806*
 sacarosa, 430, 1520, 1523, 2061, 2113, 2806
Sacculina, 2408
Saccharomyces, 1275, 1831
 - cerevisiae, 2041
 saco del carbón, 1434
 saco polínico, 1352
 saco vitelino, 284, 1114, 1710, 1928, 1968
 sacogloso, 2158
Sagenopteris phillipsi, 1787
 Sagitarius, 804
 sagiva, 2729
 ságoma, 2350
 saiga, 221
 saimiri, ardilla, 1281
 sake, 128
 sal astringente, 863
 - ácida, 2808, 2810
 - básica, 2808, 2811
 - común, 740, 2808*, 2904
 - de alumbre, 904
 - de aluminio, 964, 2412
 - de amonio, 178
 - de berilo, 1551
 - de circonio, 904
 - de cromo, 904
 - de plomo, 1551
 - de potasio, 764, 1768
 - de Rochelle, 1119
 - de sodio, 1768
 - gema, 1536, 2123, 2808
 - metálica, 2212
 - mineral, 678, 1598, 1617, 1961, 2301
 - neutra, 2808, 2810
 - tóxica, 2043
 salazón, 164
 salcolemia, 486
 sales, 2810*
 - biliares, 1003
 - de oro, 281
 Salicáceas, 1408
 salicilato, 189
 salicina, 188
 salina, 2809, 3238
 salinidad, 1961
 salitre, 1118, 1406, 2252, 2562
 saliva, 1238
Salmo gairdnerii (trucha arcoiris), 36, 37, 38
Salmo salar (salmón), 37
Salmo trutta fario, 36
 salmón, 239, 2114
 - del Pacífico, 1641
Salmonella, 1159, 3127
 - typhi, 3080
 salpa, 2492, 3258
 Sálpidos, 841
 saltamontes, 285
 salud, 1604, 2044
 - física, 2217
 salvado, 677, 3178
 salvia, 1226, 2431
 SAM (Misión tierra-aire), 2135
 samario, 747, 1805
 samoyedo, 2444
 San Bernardo (perro), 2443
 San Huberto (perro), 2445
 sandalia, 588
 sangre, 474, 476, 838, 907, 981, 984, 1003, 1088, 1512, 1567, 1568, 1614, 1844, 2698, 2776, 2778
 - análisis de, 190
 - arterial, 1962
 - artificial, 1709, 2350
 - desoxigenada, 474
 - venosa, 1962
 - y grupos sanguíneos, 2812*
 sanguijuela, 1547, 1860
 Santiense, 1940
 saponización, 974, 1768
Saprolegnia, 2759
 - parasítica, 2144
 sarampión, 234, 1158, 1189, 2814*, 3235
 sarcodinos, 2602
 sarcoma, 607, 2041, 3189
 sarcómero, 486, 2209
 sarcopterigios, 2394
 sarga, 2984
Sargassum, 141
 sarin, 1542
 sarna, 1162
 sarro dentario, 995
 satélite, 348, 360, 1494, 1782, 1834, 1839, 1880, 1970, 2284, 2371, 2501, 3002
 - artificial, 640, 659, 1469, 2451, 2816*
 - de comunicación, 1688
 - de investigación, 2825
 - de observación solar, 738
 - de reconocimiento, 2820*
 - de telecomunicaciones, 1686
 - destructor, 2822*
 - espacial, 1907
 - espía, 2820
 - galileano, 1784
 - geodésico, 1468
 - láser, 1813
 - meteorológico, 695, 2824*
 saturación, 771, 2256
 Saturno, 323, 325, 1069, 1785, 2234, 2498, 2500, 2535, 2826*, 2895, 2922
 sauce enano, 3245
 sauce llorón, 1564
 saúco, 2431

saurio, 218, 542
Saurischia, 1012, 3086
 Saurisquios, 2057, 2393
 Saurius, 2763
 saurópodo, 542, 2056, 2393
 savia, 247
 savitoxina TZ, 1543
saxifraga, 1221, 1772
 - rudolphiana, 1772
 saxofón, 1733
 Saxoniense, 1940
Scarritia, 663
Scelidosaurus, 2057, 2930
Scirpus, 125
 - lacustris, 124
 scooters, 1705, 2176
Scophthalmus maximus (rodaballo), 37
Scophthalmus rhombus, 2417
Scorpius, 804
 screening, 1289
 scharadan, 930
 scheelita, 3336
Schinopsis balansae, 904
Schinopsis lorentzii, 904
Schistocerca gregaria, 2117
Schistosoma, 1549
 - mansoni, 1161
Schnauzer, 2445
Schnorkel, 2936
 SDS (Satellite Data System), 2992
 sebo, 2476
 secador de pelo, 2830*
 secante, 1869, 3180
 secretina, 1645, 2399
 secuenciador, 1736, 2338
 Secundaria, era, 542, 2440, 3174
 secuoya (sequoia), 524, 872, 1786, 1901, 2173, 3244
 seda, 2822*
 - artificial, 796, 1318
 - natural, 1319
 sedante, 1127, 2611
 sedimentación, 95, 670, 822, 2529, 2781, 2792
 sedimento, 2171
 - calcáreo, 2490
Sedum, 956
 - grandiflorum, 1772
 segadora, 860, 1952
 següeta, 634, 2864
 segundo, unidad de tiempo, 578
 seguridad industrial, 2838*
 seguridad, sistemas de, 2836*
 seísmo, 2268
Selaginella, 1213
 selección artificial, 532, 1574, 1585, 2840
 selección natural, 224, 1269, 1270, 1277, 1459, 1465, 1632, 1898, 2118, 2211, 2840*, 2902
 seleniato de oro, 2072
 selenio, 1009, 1374, 1956, 2095
 Selenología, 1475
 selfactina, 1609
 selva ecuatorial, 3242
 sellos y franqueo, 2844*
 semáforo, 3130
 Semántica, 1875
 sembradora, 1952
 semejanza geométrica, 3034
 semen, 1299
 sementera, 1954
 semiconductor, 644, 658, 882, 1081, 1099, 1342, 2661, 2846*, 3045, 3152
 semieje, 360
 semigrupo, 144
 semilla, 1402, 1570, 2505, 2848*, 2876
 - de cacao, 923
 semimetal, 2062
 semitono, 1182, 1544
 senectud, 1062, 3250
 senilidad, 3250
 seno esfenoidal, 2214
 - etmoidal, 2214

- frontal, 2214
- hiperbólico, 1868
- lactífero, 1510
- maxilar, 2214
- paranasal, 2214
- venoso, 256
- Senoniense, 1940
- sensor, 3052, 3147
 - bimetalico, 73052
 - de luz, 1315
 - de movimiento, 121
 - eléctrico, 120, 3052
 - estelar, 2231
 - fotoeléctrico, 1185
 - LED, 429
 - óptico, 3147
 - solar, 2231
 - térmico, 1934, 3120
- señal, 228
 - acústica, 166, 2998
 - analógica, 1007, 1022
 - de FM, 3283
 - de radio, 2624
 - digital, 1007
 - eléctrica, 166, 2998
 - mnemónica, 2048
- sépalo, 1350, 2505
- septicemia, 1681
- septo nasal, 2214
- septo conjuntivo, 2398
- septum interventricular, 838
- sericina, 2832
- serie alternada, 2851
 - armónica, 2850
 - aromática, 3096
 - condicional, 2852
 - convergente, 2850
 - de Backett, 2023
 - de Balmer, 2023
 - de Lyman, 2023
 - de Ritz-Paschem, 2023
 - de Taylor, 952
 - del alqueno, 2983
 - del alquino, 2083
 - del torio, 3108
 - del uranio, 3223
 - divergente, 285
 - funcional, 1414, 2853
 - oscilante, 2850
 - trigonométrica, 2853
- series, 2850*
 - de Fourier, 1055, 2853
- serigrafía, 716, 1665
- serina, 181, 885, 2154
- Serología, 1279
- serosa peritoneal, 2208
- serotonina, 943, 1774
- serpentina, 1906, 2070, 2787
- serpentina, 2791
- serpiente, 2761
- sérpula, 484, 1547
- serrucho, 635, 1580, 2864
 - de costilla, 634, 1580
 - de rodear, 635
- servoaltímetro, 426
- servodirección, 363
- servofreno, 369
- servomecanismo, 346, 835, 2482
- servomotor, 2482
- servo-ventilador, 474
- sesquisulfuro de fósforo, 1365
- seta, 2854*
 - de los caballeros, 2856
 - ostra, 2857
- setter, 2442
 - irlandés, 2444
- sexo y diferenciación sexual, 2858*
- sexante, 2224, 2860*
 - aéreo, 2861
- sexualidad, 2858
 - caracteres secundarios, 52, 53
- Seymouria, 1276
- sherardización, 705, 1437
- shitake, 2857
- shock, 726, 2444, 2862*
 - anafilático, 1757
 - hipovolémico, 765
 - insulínico, 981
- shunt, 1083
- sial, 947, 1957
- siameses, 1452
- SIDA (Síndrome de inmunodeficiencia adquirida), 1567
- siderita, 1600, 2290
- siderito, 1495
- siderurgia, 1600
- sidra, 128
- sierozem, 2942
- sierra (carpintería), 634
 - circular, 634
 - de alambre, 612
 - de arco, 635, 1580
 - de bastidor, 2865
 - de cinta, 634
 - de diamante, 2460
 - de dos mangos, 1580
 - de mano, 2864
 - eléctrica, 634
 - mecánica, 2864*
- sifilidemia, 1162
- sifilis, 457, 1155, 1158, 1162, 3202
 - congénita, 1163
 - primaria, 1162
- sifón, 1587
- Sigillaria, 622, 2441, 2504
- sigmoidoscopio, 1127
- silenciador, 2866*
 - disipativo, 1723, 2866
 - no disipativo, 2866
 - reactivo, 1723
- Silene, 1772
- silent block, 3128
- silex, 2126
- silicagel, 110
- silicato, 171, 965, 1495, 1600, 2869
 - de circonio, 710
- silice, 171, 644, 661, 672, 853, 880, 1104, 1455, 1496, 1649, 2075, 2788, 2868, 3286
- silicificación, 1366
- silicio, 170, 172, 173, 261, 718, 1016, 1494, 1600, 1660, 1812, 1907, 1956, 2041, 2062, 2122, 2130, 2268, 2316, 2344, 2846, 2868*
- silicona, 886, 1879, 2348, 2521, 2870*, 2968
 - líquida, 2871
- silicosis, 1946, 2041
- silicua, 1403
- silo, 2513, 2872*
 - de lanzamiento, 316
 - portuario, 76
- Silológica, 1875
- silumin, 173
- Silúrico, período, 600, 872, 979, 1751, 2342, 2394, 2416, 2504, 2874*
- silvanita, 2360, 2392
- silvicultura, 2876*
- silvina, 2562
- sillar, 251
- sillín, 465
- sima, 947, 1535, 1957
- simbionte, 2408
- simbiosis, 434, 484, 502, 1701, 1830, 2254, 2408, 2508
- simetría bilateral, 2240
- simetría radial, 2240
- simplex, 2594
- simultaneidad, 2745
 - absoluta, 3068
- Sinanthropus, 898, 1632
- sinapsis, 681, 1345, 2236, 2240, 3250*
- sinartrosis, 279
- sinclinal, 1471
- sincrociclón, 15, 16
- síncronas, 15
- sincrotrón, 16, 17, 2634
 - radiación de, 19
- síndrome de Barther, 296
 - de Cushing, 858
 - de Down, 891, 1156, 1926, 2031, 2938
 - de irradiación, 2663
 - de Kinefelter, 1156
 - de la superhembra, 1157
 - de Still, 281
- de Tuerner, 1156
- de Wolf, 1156
- del grito de gato, 1156
- pluricarenal infantil, 152
- psicótico, 2042
- psiquiátrico, 942
- XXX, 1156
- sinéresis, 2639
- Sinergética, 2899
- Sinfilos, 285
- sinostosis, 1780
- sintaxis, 1875
- sinterización, 889, 2069, 2075, 2077
- síntesis de proteínas, 653, 1993, 2007, 2600, 2878*
- síntesis orgánica, 2628
- sintetasas, 1170
- sintetización, 661
- sintetizador, 46, 1735, 2667, 2880*
 - musical, 1007, 2105
 - Moog, 1735, 2881
 - vocal, 1821
- sinusitis, 1775, 2214
- sinusoide, 501, 1473, 1602
- sirena, 2882*
- Sirénidos, 663
- Sirénios, 1931
- Sirfidos, 1718
- siringa, 1732
- Sirio, 982
- sismógrafo, 121, 1470, 1475, 2280, 2884*, 3059
- sismograma, 3059
- Sismología, 1470, 1474, 1495, 3056
- sismómetro, 2884, 3058
- sistema, 2170
 - abierto, 2896
 - aislado, 1168
 - alfabético, 878
 - alweg, 2164
 - ambulacral, 1173
 - anglosajón, 2047
 - anticolisión, 428
 - antirrobo, 121
 - anti-skating, 3094
 - asroc, 3118
 - automático de guía, 2228
 - axiomático, 2142
 - binario, 302, 720, 1006, 2105, 2313, 2886, 3312
 - binominal, 2504
 - biosustentador, 474
 - cerrado, 2750
 - CGS, 2047
 - circulatorio, 907, 973, 1345, 1681, 1844, 2202, 2578, 2636
 - circulatorio, función del, 722
 - codificado, 879
 - compatible, 1060
 - complejo, 2896
 - completo, 1060, 2091
 - copernicano, 319
 - de aireación, 1729
 - de alarma por infrarrojo, 121
 - de alarma por ultrasonido, 121
 - de arranque, 356
 - de base doce, 2886
 - de clases, 2739
 - de comunicación, 1688
 - de control remoto, 821
 - de difusión epitaxial, 718
 - de dirección y suspensión, 362
 - de enfoque, 3182
 - de estrictación, 1426
 - de evacuación, 1728
 - de frenado, 368
 - de medida, 2046
 - de navegación inercial, 429
 - de numeración, 2273, 2886*
 - de numeración decimal, 720
 - de pliegues, 823
- de prismas, 466
- de proyección, 640
- de realimentación, 346
- de referencia, 1201, 2742
- de rotación, 2464
- de secado, 1818
- de seguridad, 120
- de transmisión, 1780
- de unidades, 2888*
- de visión computerizado, 349
- Decca, 1887
- decimal, 1006, 2270, 2886
- decimal de Dewey, 1686
- deductivo, 2090
- determinado, 106
- diferencial, 1053
- digital, 1022, 1462
- dinámico, 2015
- doméstico Beta, 1913
- eléctrico, 1816
- electrónico, 1818
- en lazo cerrado, 834
- endocrino, 908, 973, 1347, 1508, 1512, 1640, 2038, 2114, 2240, 3062
- estático, 2015
- estructural, 2090
- formal, 2090
- fotoeléctrico, 121
- fotogramétrico, 640
- Frash, 432
- general, 878
- hidráulico, 1816, 1818
- hidrovascular, 1173
- homogéneo, 1060
- incompatible, 1060
- indeterminado, 1060
- inmunitario, 136, 908, 1154, 1322, 1680, 1708, 1710, 2348, 2404, 2764
- inmunitario, constitución del, 234
- inmunológico, 1756, 3165
- LANDSAT, 1834
- linfático, 722, 1003, 1159, 1676, 1681
- médico científico, 2034
- médico empírico, 2034
- médico racional, 2034
- métrico decimal, 1976
- mnemónico, 2048
- nervioso, 692, 906, 1078, 1347, 1508, 1644, 1676, 1722, 2238, 2718
- nervioso central, 680, 906, 973, 1036, 1086, 1188, 1680, 2236
- nervioso periférico, 680, 906, 2238
- nervioso simpático, 973
- neuroendocrino, 1063
- no inercial, 2742
- omega, 1877
- operativo, 929
- óptico, 1821
- PAL, 3017
- parasimpático, 2240
- periódico, 1552, 2951
- posicional, 2886
- real, 572
- reflex, 599
- reproductor, 1676
- respiratorio, 973
- Saccardo, 3195
- SARD, 735
- Saturno-Apolo, 450
- SECAM, 3017
- sexagesimal, 2886
- simpático, 2240
- solar, 300, 305, 316, 321, 323, 332, 864, 1069, 1918, 1326, 1430, 1494, 1782, 1880, 1970, 1976, 2054, 2017, 2020, 2083, 2157, 2195, 2230, 2233, 2234, 2284, 2500, 2534, 2673, 2828, 2890*, 2922, 3074, 3224, 3254, 3267
- Tacan, 1877
- técnico, 2047
- tegumentario, 1159
- tolemaico, 319
- vacuolar, 655
- Sistemas, teoría de, 2896*
- sístole, 723, 839, 2578
 - auricular, 1084
 - ventricular, 1084
- Sivapithecus, 240, 1281
- Skidaviense, 1940
- Skylab, 2900*
- slalom, 1214
- slick, 379
- slivoviz, 128
- smithsonita, 704
- smog, 354, 2246
- sobreinjerto, 1706
- Sociobiología, 2902*
- Sociología, 269, 1685, 1760, 1985
- sodio, 1009, 1407, 1495, 1801, 1854, 2070, 2414, 2471, 2904*
 - nitrato y nitrito, 2906*
- software, 575, 1320, 1691, 2105, 2206, 2309, 2318, 2332, 2590, 2595
- soja, 860, 1822, 2908*
- Sol, 300, 323, 328, 585, 769, 864, 982, 1044, 1139, 1152, 1204, 1240, 1392, 1410, 1422, 1430, 1476, 1494, 1692, 1782, 1856, 1882, 1884, 1918, 1964, 1970, 1976, 2000, 2004, 2016, 2020, 2054, 2058, 2084, 2088, 2114, 2194, 2224, 2230, 2232, 2234, 2260, 2268, 2278, 2382, 2498, 2500, 2514, 2625, 2670, 2695, 2721, 2749, 2756, 2890, 2910*, 3070, 3075, 3266
- soldadura, 2914*
 - blanda, 1221
 - de arco, 1449
 - de plata, 2522
 - eléctrica, 2914
 - por arco, 2915
 - por gas, 2916
 - por haz electrónico, 2916
 - por resistencia, 2915
 - química de metales, 51
- soldaneta, 1772
- Solea solea (lenguado), 36, 37
- soienogastro, 2158, 2159
- solenoides, 504
- Solenopora, 2342
- solidificación, 1998
- sólido, 1994, 2366
 - amorfo, 1990, 1995
 - dilatación del, 1008
- solifluxión, 2438
- solrayo, 3067
- solsticio, 2278
- solución, 1028
 - alcalina, 1768
 - de Lagrange, 2018
 - nula o trivial, 1060
 - particular, 1052
- soluto, 1028, 2366
- solvatación, 1763
- Solvay, proceso, 184
- somatostatina, 489
- somatotropina, 1615
- sonar, 121, 204, 555, 633, 935, 1470, 2683, 2918*, 3204
 - activo, 2918, 3144
 - Doppler, 2919
 - pasivo, 2918
- sonda acústica, 2453
 - automática, 313
 - de Pening, 3232
 - espacial, 316, 1068*, 3255, 3296
 - interplanetaria, 2920
 - lunar, 2920
 - planetaria, 2501, 2920
- sonido, 44, 44, 819, 1722, 2924*
 - armónico, 49
 - características del, 44
 - estereofónico, 167
 - focalización del, 49
 - intensidad del, 166, 167, 169
 - monoaural, 167

- propagación del, 46
- velocidad del, 46
- sonora, banda, 2928
- soplete oxhídrico, 1597, 2377
- soplete oxiacetilénico, 2916, 2960
- soplo cardíaco, 1232
- sordera, 343
- senil, 3250
- sorgo (*Sorgum vulgare*), 676
- soro, 2506
- sosa cáustica, 170, 1091, 1768, 2904
- Sousa plumbea*, 935
- Sparus auratus* (dorada), 37
- Sphenopteris*, 2441
- spin, 236, 338, 1117, 1338, 1993, 2022, 2244, 2754
- antiparalelo, 2754
- paralelo, 2754
- Spirogyra*, 141, 1392
- Spirulina*, 140
- Spongia officinalis*, 1752
- Sporomodus vulgaris*, 1366
- spot, 1381
- spray, 66, 965, 1291
- springer spaniel, 2442
- Squalodontidae*, 934
- SRBM (Misil de corto alcance), 2136
- SSM (Misil tierra-tierra), 2136
- Staphylococcus aureus*, 140
- Stegosaurus*, 1014, 2056, 2393, 2930*
- Stellite, 747
- Stenella attenuata*, 937
- Stenella longirostris*, 935
- Steno bredanensis*, 935
- Stentor, 2603
- stern, 1214
- STH (hormona del crecimiento), 1644
- STOL (Short Take Off and Landing), 418
- story-board, 210
- Streptomyces*, 231
- griseus, 437
- stress, 137, 207, 767, 964, 981, 1048, 1125, 1176, 1576, 1678, 2032, 2042, 2733, 3202
- Stringocephalus*, 979
- Strombus bubbonius*, 898
- Stropharia ferri*, 1211
- Struthiomimus*, 1013
- Strychnos toxifera* (curare), 126
- Strychnos nux-vomila*, 126
- Stylinodon*, 663
- Styracosaurus*, 3176
- subconjunto, 262, 774, 798
- isomorfo, 2273
- subducción, 1857, 2977
- subfusil, 2489
- subgrupo, 1531
- subhimenio, 1211
- subintegral, 1738
- sublimación, 1554, 1848, 1999, 2242, 2248
- submarinismo, 29332*
- submarino, 549, 584, 632, 1705, 1959, 2121, 2189, 2934*, 3119
- atómico, 2937
- de ataque, 2937
- estratégico, 2937
- subnormalidad, 2938*
- Subtrogrófilos, 1536
- sucesión, 1048
- convergente, 836
- de Cauchy, 836, 2274, 2852
- de Fibonacci, 1058
- divergente, 836
- finita, 2596
- indefinida, 2596
- infinita, 836, 2596
- oscilante, 836
- suceso, 3068
- compuesto, 2587
- elemental, 2587
- imposible, 1216
- incompatible, 2587
- independiente, 2588
- seguro, 1216
- sudor, 1508, 2476
- sudoración, 1322
- suelo, 2940*
- ácido, 2940
- agrícola, 71
- alcalino, 2940
- básico, 2940
- castaño, 2942
- de pradera, 2942
- de tundra, 2941
- desértico rojo, 2942
- dulce, 2940
- ligero, 2940
- neutro, 2940
- pardo podóslico, 2941
- pesado, 2940
- suero, 832, 1936, 2638, 2653
- animal, 1617
- antiofídico, 3124
- antitóxico, 1681
- de caseificación, 1936
- sanguíneo, 1088
- sueroterapia, 1681
- Sueviense, 1940
- Sulcus lunatus*, 1281
- sulfacarbonismo, 2040
- sulfadiacina de plata, 2523
- sulfamida, 178, 179, 1295, 1681, 2459
- sulfátidos, 1851
- sulfato, 975, 2062, 2377
- amónico, 1311
- de aluminio, 1670
- de bario, 2070
- de calcio, 568, 2403
- de cinc, 704, 1103, 2480
- de cobre, 704, 1103, 2480
- de hierro, 1495
- de magnesio, 1907
- de níquel, 2250
- ferroso, 932
- potásico, 1311
- sulfonamida, 179
- sulfonato de sodio, 975
- sulfuro, 432, 748, 1600, 2062
- de antimonio, 1406
- de cadmio, 1386
- de carbono, 624, 1029
- de mercurio, 2052
- de molibdeno, 889
- de plata, 2073
- superaleación, 746, 888, 2075, 2076
- supercentrifugadora, 670
- superconductividad, 875, 1328, 1341, 2193, 2944, 3208
- superconductor, 1843, 2944*
- superficie, 1484
- abierta, 918
- cerrada, 918
- de control del avión, 55
- de rodadura, 382
- poliédrica, 258, 2547
- reglada, 1358
- toroidal, 449
- superfluidez, 875, 1341, 2946
- superfosfato, 432, 1311
- supergigante (estrella), 301
- azul, 301
- roja, 301, 982
- supergravedad, 1525
- supernova (estrella), 303, 305, 914, 1243, 1246, 1254, 1524, 2001, 2018, 2233, 2626, 2750, 3218, 3268
- superpetrolero, 553, 1039, 2222
- supervivencia, 2840
- supositorio, 1291, 1295
- suprayección, 2736
- suprayectiva, 2735
- Sus scropha*, 674
- suspensión, 359, 1028
- coloidal, 1998
- tipo Cardan, 545
- suspensurae*, 1612
- sustentación, 118, 119, 3326
- fuerza de, 118
- sustitución, 774
- susú, 937
- sutura, punto de, 732
- sutura sagital, 279
- Syracosphaera*, 141
- Syrmosaurus*, 2393
- T**
- tabaco, 70, 2948*
- de mascar, 2948
- de pipa, 2948
- tabique mesentérico, 274
- tabla de logaritmos, 1870
- tabla periódica de elementos, 1106, 1448, 1496, 2384, 2950*
- tabla periódica de Mendeleiev, 1804
- Tablas de Pitágoras, 262
- Tabun GA, 1543
- TAC (Tomografía Axial Computadorizada), 2030
- taclobos, 2158
- tacómetro, 901
- electrónico, 901
- tacto, 2236, 2954*
- tafetán, 2984
- taiga, 3244
- taladradora, 1974, 2963
- taladrina, 1399
- taladro acodado, 1581
- eléctrico, 635
- manual, 635
- y perforadora, 2956*
- tálamo, 680, 1036, 1345
- taico, 965, 1456, 1879, 2484
- taicosis, 2041
- talidomida, 1293, 1926, 3036, 3125
- talio 202, 1767, 1956
- talo, 138
- talofita, 138, 2507
- Talpa*, 220
- talud continental, 483, 822, 1959, 2524
- talla en madera, 2958*
- tallado, 1042
- de hélices, 1399
- de las gemas, 1456
- de levas, 1399
- talladora del mármol, 612
- tailler mecánico, 2960*
- tallo, 2424
- tambor, 1368, 1730
- de bordón, 1731
- de freno, 373
- militar, 1731
- rodante, 985
- totalizador, 900
- tam-tam, 1731
- tanatocenosis, 2390
- tangente, 1740
- de un ángulo, 3180
- hiperbólica, 1868
- tanino, 904, 2113, 3084
- sintético, 904
- tanque, 636
- Abrams, 420
- tantalio, 1916, 2074
- tantalita, 3237
- tapir americano, 1931
- tapiridos, 2391
- taquicardia, 764, 839
- sinusal, 628
- taquímetro, 3145
- taquión, 1337
- taquipnea, 764
- tarántula, 283
- tarjeta de crédito, 566, 2964*
- tarjeta perforada, 2966*
- Tarpesaurus*, 1013
- Tarsio spectrum* (mago), 223
- tarso, 281
- taumatina, 2806
- Tauro, 983
- Taurus, 804
- tautología, 1873
- taxia, 2357
- taxidermia, 2968*
- taxímetro, 2970*
- Taxodium distichum*, 873
- taxonomía, 476
- TCA (Ciclo de los ácidos tricarbóxicos), 2060
- té, 1236, 2972*
- negro, 2972
- oolong, 2972
- verde, 2972
- teca, 1900, 3244
- teclado, 2328, 2336
- técnica, 194, 939
- algorítmica, 262
- recurrente, 574
- quirúrgica, 728
- y sistema de cultivo, 68
- tecnicolor, 707
- tecnología, 259
- agraria, 69, 74
- orbital, 2974*
- Tecodontes (o Tecodontos), 2057, 2393
- tectónica, 1474, 2976*
- de placas, 823, 856, 948, 1149, 1286, 1503, 2172, 2288, 2386
- tectonización, 622
- teflón, 1555, 2348, 2350, 2554
- tefzel, 2555
- tegumento, 677, 1299, 2760, 2986
- teína, 2972
- teja, 806
- tejedor, 388
- tejido, 1608, 1844
- acrílico, 1934
- adiposo, 1511, 1512, 1556, 1853, 2476
- animal, 1617
- cerebral, 2236
- cicatricial, 1032, 1188
- conjuntivo, 153, 906, 1123, 1616, 1657, 1844, 2208
- corneal, 2346
- diana, 1122
- endocrino, 1123
- epitelial, 1616
- hepático, 1617
- muscular, 1032, 1512, 1616, 1853
- nervioso, 1616
- neuromuscular, 1962
- óseo, 1063, 1656
- pancreático, 2398
- pulmonar, 2620
- sintético, 796
- subcutáneo, 2476, 2636
- triaxial, 2985
- vegetal, 1617
- tejidos, 2982*
- biológicos, 2986*
- fabricación de, 2984*
- telar, 2628, 2988*
- de caja a gota, 2988
- de Jacquard, 2990*
- de tobera, 2989
- eléctrico, 2991
- neumático, 2989
- robot, 2967
- telecomunicación, 3002
- telecomunicaciones militares, 2992*
- teledetección, 1382, 1834, 2126, 2994*
- telefacsímil, 2437
- teleférico, 1418
- monocable, 1418
- telefonía, 1812
- teléfono, 559, 820, 1684, 1687, 1688, 2998*
- de ultrasonido, 555
- telegrafía, 3002
- telégrafo, 3002*, 3012
- eléctrico, 3018
- telegrama, 3002
- teleimpresora, 3013
- Telemática, 3004*
- telemedicina, 3007
- telémetro, 594
- de coincidencia, 597
- láser, 429, 1469
- teleobjetivo, 594, 2276
- teleósteos, 842, 1276
- telescopio, 300, 325, 339, 642, 982, 1240, 1432, 1782, 1826, 1839, 1880, 2054, 2282, 2303, 2535, 3266
- Cassegrain, 3009
- Coudé, 3009
- espacial, 303
- newtoniano, 3009
- óptico, 300, 302, 864, 1813, 2156, 2278, 2303
- para aficionados, 3010*
- reflector, 300, 2281, 2285, 3009, 3010
- refractor, 300, 2281, 3008
- y radiotelescopio, 3008*
- telesensor, 2994
- telesilla, 1418
- Teletel, 3005
- teletermografía, 610
- teletexto, 3004
- teletipo, 3003, 3012*, 3018
- televisión, 345, 513, 558, 1017, 1018, 1315, 1363, 1684, 1687, 1688, 1724, 2277, 2681, 3014*, 3278
- por cable, 3017
- télex, 3002, 3018*
- Telharmonium*, 1734
- Télidon, 3005
- telodendro, 2237
- telofase, 655
- Telset, 3005
- tempeh, 2909
- temperatura, 874
- basal, 832
- crítica, 790, 2945
- de Curie, 1601, 2386
- de detonación, 514
- de ebullición, 590
- y escalas termométricas, 3020*
- tempestad magnética, 329
- temple, 3169
- temporal, 1656
- tenacidad, 2227
- tenazas, 635
- tenca, 1582
- tendido eléctrico, 1142
- tendón, 278, 906, 1657, 2036, 2208
- tenebrio, 218
- tenia, 1549, 2409
- teniasis, 1154
- teniodonte, 663
- tenrec, 1510
- tensión, 248, 1079, 1082, 3148
- eléctrica, 1724, 1842
- intersticial, 1996
- superficial, 974, 1997, 2053, 3022*
- tensoactivo, 940, 963, 1265
- tensor métrico, 1489
- tentredinos, 1716
- teobromato, 1291
- teobromina, 1236
- teodolito, 638, 1469, 1832, 3058, 3102
- teofilina, 1236
- teología, 1682
- teorema, 1873, 1982, 2090
- de alternativa, 1061
- de Bernoulli, 1073, 1586, 2586
- de Binet-Cauchy, 977
- de Cantor-Bernstein, 827
- de Euler, 2547
- de Gödel, 1875
- de la tangente, 3181
- de Laplace, 977
- de Pitágoras, 1193, 1198, 1869, 1984
- de Rouché-Fröbenius, 1060, 2009
- de Stone, 2587
- de Zermelo, 2741
- del coseno, 3181
- del minimax, 3028
- del seno, 3181
- del valor medio, 1739
- final de la aritmética, 262, 2275

- fundamental del cálculo, **195**
- teoría atómica, 1073, 1104, 2196
 - BCS (Bandein, Cooper y Schrieffer), **2945**
 - celular, 699
 - cinética, **582**
 - cinética del gas, **1444**
 - cuántica, 337
 - cuántica de la luz, **3024***
 - de algoritmos, 1985
 - de autómatas, 1985
 - de colas, 1758
 - de conjuntos, 774, 1196, 1412, 1683, 1872, 1875, 1984, 2143, 2272, 2449
 - de función, 2308
 - de grafos, 1758, 1985, 2449
 - de grupos, **143**, 1760
 - de juegos, 1758, 2143, 2309, **3028***, 3030
 - de Maucchi, **1534**
 - de modelos, **2142**
 - de números, 262, **3032***
 - de redes, 2448
 - de semejanza física, **3034***
 - de variedad, 919
 - del animismo, 2648
 - del calórico, **582**, 586
 - del enlace químico, **1166**
 - del geosinclinal, **2170**
 - del receptor, 1295
 - de la condensación, **2891**
 - de la decisión, 1234, **3030***
 - de la dinamo, 2386, **3254**
 - de la distribución, **197**
 - de la emisión luminosa, **1362**
 - de la evolución, 699, **1276**, **2840**
 - de la medida, 953, 1216
 - de la medida y la integral, 256
 - de la pulsación, **1253**
 - de la relatividad, 16, 699, 1132, 1193, 1326, 1337, 1489, 1888, 1988, 2020, 3213
 - de las catástrofes, 2898
 - de las distribuciones, 953
 - de los cuantos o *quanta*, 699, **2658**
 - evolucionista, 488
 - evolutiva, 1750
 - general de sistemas, 2143
- teoría geocéntrica, **2500**
- teoría gestual, **1632**
- teoría ondulatoria, 1988, **2199**
- teoría ondulatoria de la luz, 699
- teoría rotatoria, **2624**
- teoría vitalista, **496**
- teosinte, **1922**
- tépalo, **2505**
- tepidarium*, 1613
- terápsidos, 2395
- teratógenos, **3036***, **3125**
- teratología, **3036**
- terbio, **1805**
- terbutalina, 1236
- Terciario, período, 600, **662**, 872, 978, 1236, 1751, 2440, 2566
- terciopelo, 588, **845**
- terital, **1319**
- terma, **1612**, 1726
- terminación nerviosa, **2954**
- terminal de aeropuerto, 61, **62**, 64
- terminal de vídeo, 344, 1186
- Terminalia belerica*, **904**
- Terminalia chebule*, **904**
- termita, **1564**, 2212
 - magnética, **1719**
- termo, **3038***, 3232
- termoclina, **1799**
- termoconvector, 577
- Termodinámica, 586, **1168**, **1329**, 1400, 1699, 2078, 2184, 2724, **3040***
 - leyes de la, **470**
 - segunda ley de la, 1477
- termoelectricidad, **3044***
- termóforo, **1935**
 - cervical, **1935**
- termografía, **610**, 1327, 1382, **1694**, **3046***
 - médica, **3047**
- termógrafo, **2047**, **3049**
- termograma, 3046
- termohigrógrafo, **2087**
- termología, 1326
- termoluminiscencia, **269**
- termometría, **3020**
- termómetro, 587, 1322, 2086, 2088, **3021**, **3048***
 - de Florencia, 3048
 - de resistencia, **3049**
 - de termistores, **3049**
- termopar, **3048**
- termorregulación biológica, **3050***
- termoscopio, **3044**, 3048
- termosensor, 2135
- termosfera, **330**
- termostato, **577**, 754, 1816, 1818, **1934**, 2725, 2732, 2831, **3052***, **3121**
- termoterapia, **2031**
- terpeno, **3054***
- terpenoides, **3054**
- terpineoles, **3055**
- terracota, 1648
- terrazza fluvial, **2782**
- terremoto, **1856**, 1938, 2295, 2574, 2884, **3056***, **3058**
- terrier, **2442**
 - de Boston, **2443**
- Tesla, bobina de, 1081
- test, 972
 - aleatorizado, **828**
 - Army Alpha, 752
 - colectivo de Otis, 752
 - de Bender-Gestalt, **3060**
 - de hipótesis, **828**
 - de inteligencia, **752**
 - de la CPK, **1033**
 - de la raya, **1456**
 - de MMPI, **3060**
 - de Papanicolaou, **1498**, 2044
 - de Pekar, **831**
 - de Rorschach, **3060**
 - de Schick, **1000**, **2420**
 - de Stanford-Binet, 752
 - de Wechsler, 753
 - mental, **752**
 - paramétrico, **829**
 - psicológico, **3060***
 - secuencial, **3030**
- testa, **2848**
- tester, **2047**
- testículo, 908, 1123, 1298, **1466**, 1513, **3063**
- testosterona, **1466**, **1644**, **1898**, **3062***
- tétanos, **3064***, 3234
- tetanospasmina, **3064**
- Tethis, **620**, **662**, **1787**, **2828**
- tetraborato de sodio, 522
- tetraciclina, **231**, 232, 233, 764
- tetracloruro de carbono, 624
- tetraedrita, **2125**
- tetraedro, **258**
- tetraetilplomo, 1451
- tetrafluoretileno, **2555**
- tetrafluoruro de xenón, **1449**
- tetratología de Fallot, **1926**
- tetraníquido, 1714
- tetrápodos, 842, **2619**
- tetrasacárido, **1519**
- Thaumotampas diadema*, 490
- thauematropo, **706**
- Thea sinensis* (té), **126**, 2972
- Theobroma*, **922**
- theremin*, **1734**
- theropodos*, **3086**
- Thoatherium*, 663
- Thompson (uva), 1405
- Thuban, 324
- Thylacomys legetis*, 1968
- tiamfenicol, 231
- tiamina, 153, 2414, **3315**
- tiazina, 2485
- tibia, 1657
- tiburón, 623, **3066***
 - tigre, 3066
- ticket, **756**
- tiempo, 256, **3068***
 - absoluto, **3068**
 - aparente, **3068**
 - astronómico, **3070***
 - atmosférico, 2382, **3072***
 - compartido, **929**
 - de ciclo, **3208**
 - de la efemérides, **3070**
 - de liberación, **1291**
 - de reverberación, **49**
 - sidéreo, **3071**
 - solar, **3071**
- Tierra, **323**, **328**, **332**, 864, 983, **1044**, 1093, 1179, 1410, **1430**, **1472**, 1474, **1494**, **1782**, **1880**, **1856**, 1884, **1918**, 1938, 1942, **1956**, **1964**, 1970, 1976, 2000, 2016, 2020, 2055, **2083**, 2088, 2156, **2194**, **2230**, **2234**, **2268**, 2278, 2282, 2386, 2388, 2456, **2500**, 2528, 2566, 2625, 2748, **2786**, **3074***, 3273
 - historia geológica de la, **620**
- tierra alcalina, 568
- tierra de batán, 1852
- tifoidea, fiebre, **3080***
- tifón, 2577, **694**
- tifus, 1160, **1540**, 1541, 1606, 1728, 3252
- tigre, **221**, **223**, **1452**
- tijereta, **1583**
- Tilapia*, **37**
- tilo, 2113
- tilodonte, 662
- tililita, 948
- timbal, **1733**
- timbre, **44**, **46**, **166**, **167**, **341**, **504**
 - de un sonido, **2927**
- timina, **486**, **966**, **2007**, 2758
- timó, 908, **1508**, **1644**, **1708**
- timol, **1301**
- timolftaleína, 2471
- timón, **394**, **401**, **407**, 551, **3082***
 - activo, **3082**
 - articulado, **3082**
 - de dirección, 395
 - de profundidad, 395, **400**, **3324**
- timosina, **1644**
- timpano, **340**, **342**, 1722, **2354**, **2924**
- timpano (arquitectura), 537
- tinta, **3084***
 - de secado rápido, **506**
 - fosforescente, 735
 - magnética, 735
- tinte, **904**
 - para el cabello, **862**
- tintorera, 483, 3066
- Tipha*, **124**
- tipografía, 1836, 2435
- Tipula paludosa*, **3304**
- tiramina, **945**
- Tiranosaurio, **543**, **873**, **2056**, **3086***
- tireotropina, **1615**
- tiristores, 1865
- tiroglobulina, **1124**
- tiroides, **541**, 908, 1154, **1644**, **4088***
- tirosina, **181**, 885, 1122, **1124**, **1237**, **1644**, **3088**
- tirosinasa, 2425
- tiroxina, **3088**
- Titán, **2829**
- titanio, 134, 173, 261, 358, 378, 710, 1495, 1801, 1906, 1956, 2074, 2345, **3090***
 - familia del, **710**
- titanita, 3090
- tití, **223**
- titulación química, **3092***
- tizne de la vid, **2510**
- tizón, 233
- TLC (*Thin Layer Chromatography*), **884**
- toba, 613
 - volcánica, **2786**
- tobera, **410**, **1224**
 - de acción manual, **2406**
- tocadiscos, **166**, **167**, 168, **1778**, **3094***
 - cápsula de, 747
- tocadiscos-vídeo, **3282**
- tocoferol, 3315
- todd-ao, **706**
- tofu, 2909
- tokamak, **1329**, **1425**, **1917**, **2515**
- tolueno, 1593, **2462**
 - y xileno, **3096***
- toma de tierra, **713**, **3098***
- tomaina, **3126**
- tomarctos, **2444**
- tomas a la *ridolini*, **213**
- tomate hidropónico, 1598
- tómbolo, 869
- tomografía, **1755**
- toner, **1374**
- tono, **44**, **46**, **166**, **169**, **341**, **1066**, **1182**, **2925**
- topacio, **1456**, 2123
- topocidas, **1712**
- topo almizclero, **220**
- topo marsupial, **1968**
- Topografía, 1382, **3102***
 - hidrográfica, 638
- Topología, 194, 196, 197, **825**, 919, 1057, 1195, **1196**, 1200, 1262, 1415, 1483, 1485, 1487, 1760, 1982, **3104***
 - algebraica, **3104**
 - combinatoria, 2449, **3104**
 - diferencial, **3106**
 - discreta, **1197**
 - trivial, **1197**
- torio, 232, 261, **778**, **779**, 1348, 1804, 1956, **3108***
- tormenta, 1895, 2294, **2696**, **3110***
 - de arena, **3290**
 - eléctrica, 2382, **3073**
 - magnética, 1920, 2912
- tornado, **3112***
- tornillo Allen, **1580**
- tornillo de Arquímedes, 2729
- tornillo micrométrico, **2108**
- tornillo sinfin, 900, **1164**, **1588**, 3115
- tornillos y roscas, **3114***
- torno, **635**, **2069**, **2961**, **3116***
 - a pedal, 994
 - automático, **3117**
 - de alfarería, **2801**, **3117**
 - de reducir, 2161
 - de revólver, **3117**
 - eléctrico, 994
 - paralelo, **3117**
 - vertical, **3117**
- toro, **259**
- toro (cuerpo geométrico), **916**
- Torosaurus*, **1013**
- torpedero, **549**
 - de pértiga, 3118
- torpedo, **2417**
 - antisubmarino, 892
 - fijo, **3118**
 - Long Lance, **3119**
 - y otras armas subacuáticas, **3118***
- torr, **2576**, **3231**
- torre Cooper, **272**
 - de control, **61**, **62**
 - de perforación, **2428**, **2463**
 - de vórtices, **1147**
 - solar, **2400**
- torrefacción, **561**
- torrente, **2782**
- torsión, 1075
 - geodésica, **1485**
- tortuga, **226**, **1277**
 - acuática, 239
 - boba, **483**
 - verde, **2116**
- torzal, **2833**
- tosferina, 1158, 3235
- tostador automático, **3120**
- tostador de pan, **3120***
- tostador-horno, 3120
- TOW (misil anticarro), **2134**
- tóxico, 1823, 2040, 2042, 2381, **3123**
 - gaseoso, 2043
 - inorgánico, 2043
 - orgánico, 2043
- toxicología, 1288, **1293**, **3122***
- toxiinfecciones alimentarias, **3126***
- toxina, **137**, 764, 1158, 1603, **1680**, 1710, 1924, 3235
 - botulínica, **1542**
 - diftérica, 1000
- toxide, **1000**, **3065**, **3235**
- toxoplasma, **3262**
- Toxoplasma gondii*, **3037**
- toxoplasmosis, **1452**, 1160, 3262
- TPT (Test de Percepción Temática), 3060
- trabajo, **1128**, 2180
 - dinámico, **1177**
 - estático, **1177**
- trabécula, **456**, **1656**
- tracción, **54**, **270**, **1075**, **1639**, **2068**, **3292**
 - delantera, **351**, **360**
 - por cadenas, **636**
 - posterior, **360**
- tracito, **2005**
- tracto digestivo, **1556**
 - gastrointestinal, **1004**, **1680**, 2038
 - genital, 1680
 - respiratorio, 1526, 1680
 - vaginal, 1498
- tractor, 860, **1952**, **3128***
 - oruga, **1952**, **3128**
- tráfico aéreo, 1690
 - control de, **3130***, **3132***
- traje espacial lunar, **475**
- trama, **1211**, 2984, **2988**, **2990**
- trampa, **3134***
 - de vacío, **3229**
 - Conibear, **3134**
 - para lobos, **3134**
 - para mamuts, **3134**
 - pasiva, **3135**
 - petrolífera, **2464**
 - sexual, **3136**
- trancaniles, **2141**
- tranilcipromina, **945**
- tranquilizante, 1604
- trans, **3144**
- transatlántico, **2218**
- transbordador, 1655, **3138***
 - espacial, **313**, **2691**, **2819**, **2901**, **3140***
- transcodificación, **879**
- transcriptasa, 1576
- transductor, 168, 169, **2998**, **3144***
 - de presión, **3144**
- transfer, máquina, **3146***
- transferasas, 1170
- transferrina, 1601
- transformaciones de Lorentz, 3069
- transformador, 505, **1095**, **1119**, **1143**, **1842**, **3148***
 - en carga, **3148**
 - en vacío, **3148**
- transfusión sanguínea, **3150***
- transgresión, **2342**
- transistor, 166, **714**, 716, 720, **882**, **1098**, 1735, 2130, 2312, 2316, **2362**, 2846, **3152***, 3334
- tránsito, **1046**
 - de Mercurio, **2055**
- transmisión, **228**, **360**
 - cardíaca, **1955**
 - hidráulica, **3154***
 - mecánica, **3154**

- por cadena, 2178
 - telefónica, 558
 - telegráfica, 3018
 transmutación, 2642
 transpiración, 82, 247, 964, 1660, 2878
 transponder (radar secundario), 426
 transportador, 1529
 - por cable, 1419
 transportes marítimos, 3156*
 - especiales y pesados, 3158*
 - ferroviarios, 3158
 - terrestres, 3158
 transposición, 878
 transuránicos, elementos, 3162*
 tranvía, 2189
 - de caballos, 1308
 - eléctrico, 1308
 - jumbo, 1309
 tráquea, 175, 907, 1004, 2620, 2775, 3988
 traqueofita, 1212
 traqueotomía, 175
 traslación (terrestre), 2756
 trasplante cutáneo, 732
 - de córnea, 2346
 - de genes, 1700
 - de órganos, 1709, 1710, 2203, 2347, 3164*
 - de piel, 2637
 trastes, 1544
 tratamientos térmicos, 3168*
 traumatismo, 2036
 traumatología, 731
 Trautonium, 1735
 trayectoria, 615
 - balística, 2974
 - de lanzamiento, 314
 trazador, 2685
 - gráfico, 2315
 - radiactivo, 747, 1554, 1757
 trazo, 989
 trébol, 860, 2512
 Tremadociense, 1940
 tremátodos, 1548
 trementina, 2486
 tremolita, 286, 2124
 tren de aterrizaje, 398, 421
 - de engranaje, 364
 - de hormigonado, 383
 - de laminación, 3170*
 - Diesel-eléctrico, 1306
 - horario, 2752
 treonina, 181, 182, 885
 trepanación craneal, 2026
 TRF (hormona liberadora de tirotrofina), 1125
 triacetato de celulosa, 1378
 triangulación, 1469, 3102
 triángulo, 1731
 - aritmético, 777
 - de G. Otto, 905
 - de Tartaglia, 777
 - del color, 771
 - esférico, 3181
 Triásico, período, 254, 600, 662, 872, 978, 1366, 1751, 1786, 2056, 2440, 3174*
 triázolos, 2485
 Triceratium, 141
 Triceratops, 543, 845, 1014, 2389, 3086, 3176*
 tricloroetileno, 1029
 tricomoniasis vaginal, 1160
 Tricholoma nudum, 2857
 Tridacna, 2158
 triedro, 2546
 - de Frenet-Serret, 1484
 trifosfato de adenosina, 1170
 trigger, 591
 triglicéridos, 157, 767, 1851, 1937, 2061
 trigo, 70, 128, 860, 1584, 2396, 3178*
 - blando (*Triticum aestivum*), 77, 676
 - de invierno, 3178
 - de primavera, 3178
 - duro (*Triticum durum*), 676, 3178
 - producción mundial de, 678
 - tierno, 3178
 Trigonometría, 1869, 3180*
 trilita, 632, 1285
 trilobites, 218, 284, 600, 621, 978, 1276, 1369, 1751, 2342, 2389, 2394, 2441, 2875
 Trilophodon, 1272
 trilla, 1952
 trilladora de motor, 860
 trillo de mano, 860
 trinitrotolueno (TNT), 265, 3096
 triodia, 958
 triodó, 166, 714, 716, 1016, 1098, 2362
 - de unión, 3152
 triodotironina, 1644
 Triops cancriformis, 895
 triosa, 1519
 trióxido, 2374
 Tripanosoma, 216, 1161
 tripsina, 1170, 1566
 triptófano, 181, 182
 triquinosiis, 1549, 1680
 trireme, 2218
 trisacárido, 1519
 trisomía 21, 891, 1156
 tritio, 264, 1132, 1139, 1423, 1596, 1618, 1896
 Tritón, 2235
 trócula, 2545
 trofoblasto, 789, 1114
 trofozoito, 1210, 1925
 troglóxenos, 1536
 Trogosus, 662
 trolebus, 1308
 trolley, 1308
 tromba marina, 3112
 trombina, 1567
 trombón, 1732
 trombosis, 731, 2349
 coronaria, 1678
 trompa, 1730
 - de Eustaquio, 340, 2214
 - de Falopio, 833, 1466, 1565
 trompeta, 1732
 tronco, 246
 - braquiocéfalo, 723
 tronadora, 2864
 tropeolina, 2471
 trópico, 737
 - de Cáncer, 1160
 - de Capricornio, 1160
 tropolone, 1237
 tropomiosina, 486
 troposfera, 329, 2382
 troposina, 486
 tropotaxia, 2357
 troquel, 2161
 trucha, 224
 trueno, 2696, 3073
 trueque, 1010
 trufa, 2857
 TSH (hormona), 1644, 3089
 Tsih, 324
 tsunami, 2295
 TTT (defoliante), 933
 tuátara, 221, 2760
 tuba, 1732
 tubérculo, 2414
 - de Montgomery, 1511
 tuberculosis, 437, 457, 1154, 1158, 1233, 2041, 3202
 tuberia, 1726
 tubo, 615
 - conversor de imagen, 657
 - de descarga, 715, 3186*
 - de escape, 358, 373, 1191, 1324, 2866
 - de Geissler, 3186
 - de Malpighi, 284
 - de neón, 1448
 - de Plucker, 1202, 2515
 - de rayos catódicos, 567, 1018, 1354, 1363, 1372, 3016, 3182*
 - de rayos X, 2692
 - de vacío, 1098, 1343, 1462, 2102, 2130, 3004, 3232
 - de Venturi, 356, 580, 1073
 - fluorescente, 520
 - lanzatorpedos, 2121
 - luminiscente, 3186
 - neumático para reparto, 3184*
 - polínico, 1352, 2505
 - volcánico, 1534
 tubulidentados, 663, 1931
 túbulo, 2778
 - renal, 984
 - seminífero, 1466
 tucán, 220, 223, 387
 tuerca con aleta, 1580
 tulio, 1805
 tulipán, 1226
 tumba, 3245
 tumor, 606, 747, 1117, 1154, 2202, 3188*
 tundra, 1227, 2438, 3245
 túnel, 3252
 - aerodinámico, 407, 3192*, 3326
 - de Livermore, 1916
 - de viento, 1789
 túneles y galerías, 3194*
 tungsteno, 261, 710, 1009, 1106, 1444, 2063, 2074, 2110, 3336
 tunicados, 841, 1276, 1753, 2492
 - filamento de, 520
 tupaya, 1930, 2580
 turba, 617, 2795
 turbelarios, 1548
 turberas, 1227
 turbina, 410, 665, 1561, 1863, 1951, 2220
 - de acción, 3198
 - de gas, 410, 853, 889, 1307, 1451, 1591, 1655, 3040, 3196*
 - de reacción, 3199
 - de vapor, 552, 2187, 3040, 3198*
 - eléctrica, 2400
 - eólica, 1146
 - Francis, 3200
 - hidráulica, 1589, 3200*
 - Kaplan, 3200
 - Pelton, 3200
 turbocompresor, 379, 2187
 turboestatorreactor, 1225
 turbófan, 402, 405, 411
 turbohélice, 404, 411, 419, 3196
 turbopropulsor, 3196
 turboreactor, 404, 410, 421, 1561, 3196
 - de doble flujo, 517, 647
 turboventilador, 403
 turgescencia, 2367
 Turing, máquina de, 151
 turmalina, 522, 2123
 Turoliense, 1940
 Turoniense, 1940
 Tursiops truncatus, 935, 936
 Tyrannosaurus, 1015
 - rex, 3086

U

UAL (unidad aritmético-lógica), 2314
 UHT (tratamiento de ultracalentamiento), 2412
 úlcera, 3202*
 - péptica, 1154, 3202
 ultracentrifugación, 496
 ultracentrifugadora, 479, 670, 1411
 ultracongelación, 164, 2452
 ultrafiltración, 985

ultraligero, 938
 ultramicroscopio, 2197
 ultraplancón, 2490
 ultrasonidos, 46, 47, 120, 1203, 1755, 2121, 2927, 3204*
 ultravioleta, 768, 975, 1693
 - lejano, 3206
 - próximo, 3206
 - radiación, 66, 3206*
 Ulva, 141
 UMA (unidad de masa atómica), 290, 2456
 umbela, 1352
 umbral de audición, 45, 46, 1203
 Uncaria gambier, 904
 Uncinula necator, 3271
 UNGG (central nuclear), 667
 ungulado, 2391
 unicornio, 1259
 unidad aritmética, 2104
 unidad aritmético-lógica, 1691, 2338
 - central de proceso, 2326, 2328
 - de cálculo, 2338
 - de control, 1691, 2104, 2314, 2316, 2338
 - de disco, 2326, 2328, 2340
 - de entrada, 1691
 - de entrada-salida, 2338
 - de magnetización, 2066
 - de masa atómica, 337
 - de medida, 2046
 - de memoria, 1320
 - de mezcla, 472
 - de proceso, 1691
 - de salida, 1691
 - de tarjeta perforada, 2328
 - derivada, 2888
 - imaginaria, 1741, 2274
 - lógica, 2104
 - matriz, 1952
 - patrón, 2047
 - periférica, 2316
 - por búsqueda, 2066
 - real, 2274
 unión Josephson, 2944, 3208*
 - sinovial, 278
 Universo, 784, 2204, 2284, 2500
 - cercano: los planetas, 320
 - estacionario, 1682
 - expansión del, 3214*
 - lejano: las estrellas, 320
 - origen del, 3216*
 - oscilante, 867, 3221
 uña, 204
 uombat (o wombat), 1969
 UPC (Universal Product Code), 756
 uracilo, 488, 968, 2007
 uranio, 100, 261, 264, 337, 508, 750, 814, 1107, 1131, 1134, 1140, 1348, 1554, 1917, 1978, 2070, 2264, 2536, 2660, 2669, 2702, 2768, 3222*
 uranio-233, 778
 uranio-235, 508, 509, 664, 778, 1139, 1348, 1813
 uranio-238, 778, 1813
 uranita, 260
 Urano, 323, 1069, 2234, 2500, 2534, 2895, 3090, 3224*
 urdimbre, 2984, 2988, 2990
 urea, 132, 159, 178, 179, 1312, 2005, 2467, 2520, 2648, 3226
 uremia, 765
 uretanos, 2521
 uréter, 907, 984, 1005, 2778, 3226
 uretra, 725, 907, 1005, 1467, 1898, 3226
 uretritis específica, 1162
 uridilato, 2154
 urinario, aparato, 3226*
 uro, 227
 urocordados, 840, 1753

Urodacus yaschenko (escorpión), 958
 urodeio, 842, 1299
 urología, 731
 uropigios, 1753
 Urosalpinx cinerea (taladrador de ostras), 227
 Ursa Major, 324, 804
 úrsido, 1452, 1624
 Ursus, 1624
 - horribilis (oso gris), 220
 - spelaeus, 898
 urticaria, 136, 137
 útero, 909, 1108, 1116, 1467, 1659, 1968
 utrilla, 1940
 uva, 128, 3271, 3298
 - negra de corinto, 1405
 - sin semilla, 1706
 úvula, 2162

V

vaca, 538
 - avrshire, 539
 - de Guernsey, 539
 - devon, 539
 - frisona, 539
 - jersey, 539
 - pardo-alpina, 539
 - shorthorn, 539
 - simmenthal, 539
 valdostana, 539
 vacío, 3228*
 - de Torricelli, 2576
 - interestelar, 2156
 - tecnología del, 3232*
 vacuna, 281, 1000, 1606, 1849, 2404, 2420, 2459, 2653, 2765, 2815, 3234, 3303
 - anticáncers, 996
 - antipolio, 1607
 - de recuerdo, 235
 vacunación, 1154, 1158, 1681, 1711, 2044, 3234*, 3265
 Vacuolaria, 141, 2507
 vacuola, 655, 2367
 vacuómetro, 3233
 vagina, 1466, 1498, 1898
 vaginitis, 1162
 vago, 1345
 vaina, 176, 1420
 - mielínica, 681
 vainilla, 132, 922
 valencia (química), 1906, 2375, 2706
 Valencia hispanica (samarugo), 123
 valina, 181, 182, 885
 válvula, 465
 - aórtica, 839
 - de admisión, 2182
 - de aspiración, 2180
 - de control, 356
 - de escape, 2180, 2406
 - de evacuación, 2182
 - de mariposa, 356
 - de Starr, 2348
 - de tiro, 920
 - de vacío, 3153
 - electrónica, 714, 1186, 3015
 - fotoeléctrica, 658
 - mezcladora, 1816
 - mitral, 839
 - pulmonar, 630, 838, 1927
 - termoiónica, 706, 716, 718, 1098, 2656, 2692
 - tricúspide, 630
 valle, 2780
 - de los Huesos, 1365
 - del Mariner, 1972
 - glaciario, 1501
 - posglaciario, 1501
 - tectónico, 662
 Vallesiense, 1940

Vallisneria 1353
vanadinita, 3237
vanadio, niobio y tantalio, 1956, 3226*
vapor de agua, 82, 332, 1454
vapor y tensión de vapor, 3238*
vaporización, 3238
varano de Komodo, 225
Varanus griseus, 958
variable aleatoria, 1234, 2204, 2588
- booleana, 2307
- compleja, 1871
- continua, 2307
- de control, 2308
- de destello, 1253
- de holgura, 2592
- de integración, 1738
- dependiente, 1412
- discreta, 2307
- elipsoidal, 1258
- independiente, 1412
- libre, 1875, 2308
- ligada, - 1875
- pulsante, 1252, 1258
- real, 1871
- vectorial, 1414
variación, 774
varianza, 1219, 1234, 2204, 2589
varicela, 1158, 1576
variómetro, 425, 2494
varva glaciar, 896, 1501, 1623
Vasa vasorum, 766
vasculitis articular pulmonar, 280
vasectomía, 833, 2347
vaso comunicante, 1586
vaso de Becker, 1792
vaso de Dewar, 261, 584, 875, 2376, 3038, 3044
vaso linfático, 608, 1844, 1853, 2621
vaso quilífero, 1003, 1746, 1852
vaso sanguíneo, 2425, 2476
vasoconstrictor, 127, 136, 1775, 2145, 2477
vasodilatación, 1774, 2477
vasopresina, 1615, 1644
vatio, 1144, 1724
vector, 1056, 1195, 1198, 1741, 2275
- de posición, 917
- deslizante, 1198
- gradiente, 952
- libre, 1198, 1530, 2739
- ligado, 1198
- propio, 2011
vegetación, mapa de, 3240*
vehículo anfibio, 3246*
- ATV, 3246
- de apoyo, 636
- de asalto, 636
- de desembarco, 3248*
- espacial, 1782
vejez, 1063
- y envejecimiento, 3250*
vejiga, 907, 984, 1467, 1746
- natatoria, 2417, 3066
- urinaria, 1005, 3226
vela, 1112
velacho, 2140
velero, 1110
- de alta prestación, 2494
- sin motor, 58
veleta, 2087
velocidad de crucero, 119
- de escape, 311, 317, 2920
- de fuga, 1069, 2974
- de la luz, 47, 1888, 2744, 2750, 3069
- de la onda, 2198
- de pérdida, 119, 939
- de satelización, 2974
- inicial, 615
- subsónica, 292
velocímetro lineal, 900
- rotativo, 901
velocipedo, 464

velociraptor, 1013
vellosidad intestinal, 1005, 1746
vellón, 1609
vena, 628, 722, 907, 1003, 1774, 2578
- cava inferior, 723, 838, 1602, 1962
- cava superior, 723, 838, 1678, 1962
- centrolobular, 1602
- centrolobulillar, 1602
- coronaria, 839
- esplénica, 456, 2163, 2398
- facial, 722
- iliaca, 722
- mastoidea, 722
- porta, 1602
- pulmonar, 839, 2621
- safena, 722
- suprahepática, 1602
- umbilical, 1926
- yugular, 722
venación, 1621
vencejo, 385, 388, 389
- crestado, 223
vendaje, 2583
vendimia, 3299
veneno, 3122
- de cobra y de serpiente de cascabel, 281
ventilación, 3252*
ventilador, 1818, 3253
- con motor, 294
- eléctrico, 581
ventriculo, 838, 1085, 1962
- cerebral, 682
- derecho, 907
- izquierdo, 907, 1679
- lateral, 684
venturímetro, 1073
vénula, 1602, 2578
Venus, 323, 325, 864, 1069, 1180, 1497, 1882, 2016, 2289, 2500, 2894, 2922, 2977, 3075, 3254*
verbena, 2431
vermetidos, 2158
vermiculita, 1598
vértebra, 281, 906, 1657, 1750, 3259
vertebrado, 116, 216, 333, 384, 1269, 1750, 1928, 1968, 2416, 3258*
vértice geodésico, 641, 1833, 3102
verticilo, 1351
vesícula biliar, 907, 1003, 1005, 1602, 1746
- seminal, 1467, 1898
- sináptica, 3250
Vespa crabro, 471
Veterinaria, 3262*
veza forrajera, 2512
VFR (Visual Flight Rules), 3132
VHF (ondas ultracortas), 2199, 3132
Vía Láctea, 304, 321, 322, 323, 327, 864, 1255, 1430, 2232, 2280, 2670, 2892, 3210, 3266*
vías respiratorias, 2214
víbora, 844, 1582, 3124
- de Gabón, 2119
vibráfono, 1731
Vibrio cholerae, 765
vibrión, 764
vibrios, 434
vibrisa, 2425
vibrómetro, 2310
vid, 2538, 3270*
vida, origen de la, 3272*
video, 345, 1372, 1913, 1948
- grabador, 1913
- juke-box, 1779
- y cinta de vídeo, 3278*
videobox, 1779
videocassette, 345
videodisco, 1685, 1779, 2328, 3282*

- digital, 2316
videojuego, 1776, 1779, 2105, 2340, 3017
videotex, 1697, 2437, 3004
Vidicon, 2995
Viditel, 3005
vidrio, 672, 807, 880, 1009, 1064, 1190, 1456, 1828, 1854, 1946, 3286*
- flint, 2585
- Pyrex, 522
- reciclado, 2711
viento, 846, 1146, 1181, 2294, 3290*
- de valle, 3291
- estelar, 108, 302
- local, 3291
- polar, 3291
- solar, 785, 1471, 1762, 1918, 2055, 2231, 2386, 3078
viga, 3292*
- arriestrada, 2613
- en celosía, 3294*
- recta, 534
- reticular, 2613
Viking, 1027, 3296*
vinificación, 494, 3298
vino, 128, 1830, 3271
- blanco, 3299
- de dátil, 686
- nuevo, 3299
- rosado, 3299
- tinto, 3300
viola, 1732
violín, 1730
violonchelo, 1732
Virgo (constelación), 303, 804, 1257
Virología, 1189, 1756
virosis, 2414
viruela, 1154, 1541, 1606, 3234
virulencia, 1680
virus, 234, 480, 499, 1189, 1606, 1680, 1710, 2404, 2608, 2652, 2764, 2814, 3234, 3302*
- de Epstein-Barr, 1576, 2163
- de la gripe, 3305
- de la poliomielitis, 3303
- del insecto, 3304
- del tabaco, 3304
- herpético, 1576
- SV40, 1700
viscosidad, 790, 1878, 1997, 2947, 3035, 3306*
- absoluta, 3306
- cinemática, 3306
viscosímetro, 1996, 3306
visión, 3308*
- estereoscópica, 466, 2108, 2580
- lateral, 2655
- tridimensional, 3310
visón, 2422
vista, 308, 344, 2236
visualizador LCD (cristal líquido), 570
- LED (diodos de emisión luminosa), 564, 570
visualizadores digitales, 3312*
vitamina, 152, 803, 1160, 1170, 1404, 1617, 1659, 1823, 1850, 2028, 2059, 2252, 2344, 3314*
- A, 1290, 1936, 1967, 2031
- B, 276
- B1, 1936
- B2, 1303, 1936
- B12, 746
- C, 153, 2414, 2765
- D, 568, 1290, 2382
- E, 1290, 1936
- hidrosoluble, 152, 3316
- liposoluble, 152, 1967, 3316
vitela, 2432
vitelo, 1658
Vitis vinifera, 3298

vitriolo, 26
vivérridos, 1452
viviparidad, 218
viviparismo, 284
viviparos, 1299
VLF (ondas muy largas), 2199
vodka, 128
volante, 352
- del motor, 364, 366
volcán, 1148, 1495, 1798, 1938, 2171, 3318*
- en escudo, 3319
- oceánico, 1959
voltámetro, 1090
voltímetro, 1083, 2372
voltio, 468, 504, 712, 793, 1080, 1082, 1144, 1842
volva, 2854
Volvox, 141, 3276
VOR (VHF Omnidirectional Range), 3132
- Doppler, 1067
Vorticella, 2758
vuelo, mecanismos de control, 3224*
- principios del, 3326*
- con energía humana, 3328*
- con motor, 3326
- libre, 938
- planeado, 3326
- suborbital, 310
- subsónico, 422
- supersónico, 422, 3330*
vulcanismo, 857, 2171, 2383
- secundario, 1139, 3239
vulcanizado, 374
Vulcanología, 1470, 1474, 3323
Vulneraria, 1823
vulva, 1466
vulvovaginitis, 1162

W

wafer, 718
wais, 752
walkie-talkie, 3334*
wallaby, 225, 1969
welsh corgi, 2443
whisky, 128
willemita, 704, 1354
WISC (Escala de Inteligencia de Niños), 752
witherita, 2070
wolframio, 1388, 1619, 1956, 2074, 3336*
wolframita, 1106, 3336
wombat (o uombat), 1929
Wuchereria bancrofti, 1161, 1549
wulfenita, 888

X

xantofila, 138, 884
xenón, 260, 1260, 1448, 1813, 1956, 2374, 2606
xenopo albino, 1702
xerografía, 1374, 1665
xeroradiografía, 1755
xilema, 247, 1621, 1706, 1900
xileno, 1593
xilófono, 1733

Y

yacimiento mineral 2126
- petrolífero, 2463
yang, 2035
yate, 1110
yegua, 1584
yema, 1438, 1706
yeso, 432, 568, 807, 862, 940, 1354, 1456, 1879
- de París, 568, 1417
- hidratado, 110
yeyuno, 1005, 1746
yin, 2035
yodargirita, 541
yodo, 123, 1767, 962, 965, 1396, 1552, 3088
- descubrimiento del, 541
- tintura de, 541
yodopsina, 3310
yodolironina, 3088
yoduro, 541, 710, 1377
- de mercurio, 541
- de plata, 541
- mercurio, 2053
- mercurioso, 2053
yoga, 2035
yorkshire, 2444
yterbio, 1804
yuca, 958, 1226
yunque, 340, 1356, 1657
yute, 1609

Z

zafiro, 1456, 2122
zángano, 10, 11
zapata, 369, 373, 701
zarigüeya, 1930, 1969
zeolita, 644
Zeta Ursae Majoris, 805
zeugodóntido, 690
Zifidos, 689
zifio, 689
zigoto (o cigoto), 1108, 1464, 1565, 1575, 1830, 2759
zimasa, 2638
zincado, 1091
Zinanthropus, 1281
Zodiaco, 325, 785
zónula, 2292
Zoogeografía, 220, 222
Zoología, 478, 699, 2080
zoom, 212, 213, 594, 2277
zooplácton, 483, 1960, 2291, 2418, 2490
- carnívoro, 138
- herbívoro, 138
zoospora, 2144, 2759
Zootechnia, 3338*
zooxantela, 139, 274
zorro, 1227, 2442
- ártico, 2425
- plateado, 2422
Zosterophyllum, 2874
zumaque, 3084
zueros, 1923
Zygnema, 1392

A

Abbe, 2722
 Abelson, 3162
 Abraham, 724
 Academia de Ciencias de Moscú, 463
 ACES II, 293
 Ackoff, 1760
Acueducto de Segovia, 251
 Achgelis, 1560
 Adair, Gilbert, **2153**
 Adams, John C., **2234**
 Adán, 704
 Addison, Thomas, **1512**
 Aeritalia G-222, **418**
Aeroespacial Dauphin II, 1563
Aeroespacial Puma, 1563
 Aeronca, 399
 Agassiz, Alexander, **554**
 Agassiz, Louis, **1500**
 Agencia Internacional de la Energía, **1135**
 Agricola, Georgius, **2128**
 Agripina, 2854
 Ahmes, 1983
 Airbus, **420**
 Akron, 1516
 al-Idrisi, 3102
 al-Joarizmi, 142, **150**, 151, 262, 1057, **1481**, 1987, 2887
 al-Mamum, **142**
al-Yebr w'al mugabala, **142**
 Albatros, 56
 Albergoni, 481
 Alberto de Sajonia, 1566
 Alberto I de Mónaco, **554**
 Alberto Magno, 759
 Albright, Arthur, **1364**
 Aldrin, Edwin E., 313, 760, 1475, 1810, 1880, 2748
 Alejandro Magno, 1682, 2270, 2596
 Alfonso X, 3181
 Alfonso XII, 1566
Almagesto, 804
 Alvin, 554, **2291**
 Alwall, 985
 Allcmeón de Crotona, 476
 Allen, Bryan, 3328
 Altamira, **266**
 "America Vesputio", buque escuela, **2140**
 Amor (planetoide), **299**
 Ampère, André Marie, **1079**, **1909**
 Amundsen, R., 1516
An Investigation of the Laws of Thought, **146**, 1872
Anatomía, 2028
 Anaxágoras, **1331**, **1988**
 Anderson, **2884**
 Anderson, Carl, **237**, 924
Andrea Doria, **893**, 2983
 Andrew-Hallidie, **1308**
 Andrews, **1999**
 Andrieth, Ludwig, 2806
Angeles, Los 1516
 Angström, Anders, **300**
 Aníbal, 2200
 Anschutz-Kampfe, Hermann, **545**
 Antifón, **1682**
 Antoniadí, 1970
 Antonov An-22 "Antei", 393
 Antonov An-72 "Coaler", **418**
 Apianus, **777**
Apolo, 2282
 - VIII, 315
 - XI, 314, 699, 1475, 1880
 - XII, 1475
 - XIII, 314
 Apolo (misión), 2922
 Apolo (planetoide), **299**
 Apolo (proyecto), 308, 313, 322, 1069
 Apolo-Soyuz, 315
 Apolonio, 1486, **1983**
 Appel, Kenneth, 3106
 Appert, Nicolas, **802**, **2300**
 Appleton, Edward V., 2673
 Aquiles, 826, 2850
 Arago, D. F., 1231

Arber, **1700**
 Areteo, 2611
 Arfvedson, J. A., 1854
 Argelander, Friedrich, **642**
 Aristóteles, **253**, 256, **346**, 452, **476**, **529**, 826, 954, 1331, 1344, 1415, 1464, 1486, **1682**, **1872**, 1986, 2088, 2090, 2194, 2504, 2586, 2648, 2736, 3180
Arithmetica Integra, 1866
Aritmetica Logarithmica, 1867
Arithmetices Principia, **263**
 Armstrong, Neil A., 306, 313, 760, 1810, 1880
 Arnason, Barri G. W., **1189**
 Arnold, 924
 Arquímedes, **194**, **196**, **257**, **258**, **510**, 576, 836, 1056, 1194, 1196, **1222**, **1481**, 1486, 1514, **1587**, **1682**, 1739, 1788, **1983**, **2012**, 2549, 3115
 Arrhenius, Svante August, **1762**
Ars Conjectandi, 777
Ars Magna, 1872
 Artin, 1984
 Ash, 2934
 Ashby, 2899
 Aspdin, Joseph, **660**
 Astrea (planetoide), **299**
 Astrogram Cam, 785
 Astrophysical Journal, 107
 Asurbanipal, 462
 Atlas Centauro, 312
Atlas de los Espectros Estelares, 1205
Atlas Internacional de Nubes, 2260
 Audemars, Georges, **1318**
 Augusto, 1670
 Aurillac, Gerberto de, **9**, **262**
 Avogrado, Amadeo, **2146**
 AWACS (Airborne Warning And Control System), **393**
 Axel L. Wenner-Gren, **2164**
 A-10 (avión), 293, 392, 429
 A-4 Skyhawk, 392
 A-7 Corsair II, 392

B

Babbage, Charles, 9, 151, 1218, **2311**, **2966**, 2990
 Babbitt, Milton, **2880**
 Bacon, Roger, 759, **1428**, **2556**
 Bach, Juan Sebastián, 2881
 Baekeland, Leo H., **1300**, **2516**, **2550**
 Baer, E. K., **1278**
 Bain, 3014
 Baird, John Logie, **3015**
 Balard, Antoine-Jérôme, **540**
 Baldwin, Casey, **1591**
 Balmer, 2023
 Baltimore College of Dental Surgery, 994
 Baltimore, David, **1756**
 Banach, 1741, 1984
 Banting, Frederick, **980**
 Baqueville, 3328
 Barclay, J. C., 3013
 Bardeen, John, **719**, 1099, 2846, **2945**
 Barnard, Christian, **631**, **1756**, **3164**
 Barrow, **196**, 1740
 Bartlett, Neil, **1448**
 Bassham, 1394
Batillus, **2220**
Batiscafo Trieste, **1705**
 Baudot, 3002
 Bauer, A., **1837**
 Baux, 171
 Baversfeld, Walther, **2498**
 Baxter, 3151
 Bayer, Johannes, **805**
 Bayes, 3031
 Beagle, **480**
 Bean, Alan L., 2901
 Beauperthuy, Daniel F., **1160**
 Becker, 1033, **1792**
 Becquerel, Alexandre Edmond, **1362**
 Becquerel, Antoine Henri, 812, **2660**, 2668
 Beer, 1207, 1760
 Beethoven, 2473
 Bekhterer, V. M., **2718**
 Belar, Herbert, **1735**, **2880**
 Bell, **698**
 Bell AH-1G Hueycobra, **1560**
 Bell, Alexander Graham, **45**, **1314**, **1591**, **1734**, 2998
 Bell, Jocelyn, **1243**
 Bell, Joseph, **2838**
 Bell, laboratorios, 112
Bell X-1, 422, 3332
Bell X-1A, 397
 Belle, **112**
 Bellman, **2308**
 Ben Musa, Mohamed, 1057
 Benach, 1196
 Bender, 3061
 Benioff, **1857**, **2885**, 2977
 Bennet, W. R., 1020
 Benson, 1394
 Bentley, 1930, 378
 Berenice, **2486**
 Beretta "FAL", 1421
 Berg, Paul, **1700**
 Berger, Hans, **1086**
 Berkeley, **196**
 Berliner, Emile, 1022, **1024**
 Bermúdez (lago de asfalto), 291
 Bernard, Claude, **697**, **1345**
 Bernard, Marie, 3122
 Bernays, 801, 1872
 Bernini, 927
 Bernoulli, 259, **919**, 1224, 1487, **1738**, 1983, 2736
 - familia, 196, 824
 - Daniel, **54**, **118**, **1055**, **1073**, **1586**
 - Jakob, **777**, 1055, **1217**, 1415, **2586**
 - Johann, 1415, 1055
 Bertalanffy, **2896**
 Berthelot, **198**
 Berthollet, C. L., **184**
 Berzelius, Jons Jacob, **1106**, **1231**, **1789**, **2648**, **2868**, 2870.

Besnier, 3328
 Bessel, **1054**
 Bessemer, Henry, 20
 Best, Charles, **980**
 Bethe, H. A., **2263**
 Betz, 1146
 Bhaskara, **777**
 Biasutti, Renato, 2698
Biblia, la 724, 764
 Biblioteca de Leningrado, 463
 Biblioteca del Congreso de EE UU, 463
 Biblioteca Lenin, 463
 Biblioteca Nacional de España, 463
 Biblioteca Nacional de París, 463
 Billroth (cordones de), **456**
 Binet, **977**
 Binet, Alfred, **752**
 Binet-Simon, prueba de, 752
 Binford, Sally, **1631**
 Bingen, Ildegarda de, **1775**
 Biot, J. B., **1231**
 Biro, Lazlo, **506**
 Bjerknes, Vilhelm, **2088**
 Black, Greene Vardiman, **994**
 Black, Joseph, **582**, 1906, **2070**
 Blackey, **137**
 Blanchard, 464
 Blenheim, 646
 Blenkinsop, John, **1304**
 Blériot, 516
 Blériot XI, 396
 Bliss, 463
 Blumen-Bach, Johann, **2698**
 Boccaccio, Giovanni, **2458**
 Bode, Johann, **298**
 Boecio, **150**, **777**
 Boeing, 57, **396**, 3327
 - *B-1*, **422**
 - *B-17 "Flying Fortress"*, **516**
 - *B-29*, **518**
 - *B-52H*, **516**
 - *B-52 Stratofortress*, **392**, **518**
 - *Vertol 107*, 1562
 - *B-247*, 57, **398**
 - *B-2707*, **422**
 - *B-314 "Clipper"*, **396**
 - *B-747*, 408, **412**, 420, 518
 - *B-757*, 397
 - *B-767*, 408, 424
 - *"Jumbo" 747*, 397
 Bohr, Niels, **337**, **1209**, **1362**, **14**, **48**, **2020**, **2701**, **3026**
 Bok, Bart J., **1432**
 Boltzmann, Ludwig, **582**, **910**, **2196**
 Bolyai, 1192, 1488, 1983
 Bolzano, Bernhard, 800, **1683**
 Bollée, Amadeo (padre) 1873, 350
 Bondi, **305**
Bonner Durchmusterung, **642**
 Bonomi, 3329
 Boole, George, **146**, 1216, **1872**, 1984
 Borel, 1740, 1986, **3028**, 3106
 Borelli, G. A., **478**, 1345
 Born, Max, **1422**
 Bose, **2022**
 Bossi, 3329
 Bouchen, Basil, **2967**
 Bourbaki, Charles Denis Sauter, **1263**
 Bourbaki, Nicolas, **801**, **1985**
 Bourcart, 3328
 Boyer, Herbert, **489**
 Boyle, Robert, **198**, **1104**, **1444**, **1998**, 1999, **2642**
 Brackenbusch, 3242
 Brackett, 2023
 Bradwardine, 1415, 2736
 Bragg, Williams, **1886**
 Brahe, Ticho, 1246, 1788, **1971**, **2017**, **2860**, 2894
 Brahms, 2473
 Brandt, Georg, **746**
 Brandt, Hennig, **1364**
 Brattain, Walter H., **719**, 1099, 2846
 Braun, 3182

Braus, Carl H., 2748
 Bréant, 3328
 Breda-Bofors, 614
 Breda-Mausser, 614
 Briggs, Henry, **1867**
 Brinvilliers, marquesa de, 3122
 British Museum, 254
 Broca, Pierre-Paul, **240**, **684**, 1281
 Broglie, Louis Victor de, **478**, **1991**, **2020**, **2110**, **3026**
 Brongniart, Alexandre, **2389**
 Brönsted-Lowry, 28
 Brouwer, 801, 1683, 1872, **1986**
 Brown, E. W., **2535**
 Brown, Robert, **1327**, **2196**
 Brunelleschi, **271**, **534**
 Brunet, 463
 Buckner, Georg, 3076
 Buchner, **496**
Búfalo (avión), 419
 Bullen, 1485
 Bunge, 2899
 Buniakovsky, 1193
 Bunsen, R. Wilhelm, **197**, **300**, **1209**
 Burali-Forti, **801**
 Bürgi, Jost, 1867
 Burns, Bob, **1806**
 Bushnell, **2934**
 Busoni, Ferruccio, **2880**
 Bussy, A. A. B., **1906**
 Buteo, **777**

C

Caballero de Méré, 1216, **1217**, 2586
Caballero, el, 103
 Cade, Julián F., 944
 Cahill, Thaddeus, **1734**
 Caisa, **112**
 Calder, Alexander, 170
 Calvin M., 1394
 Calypso, **555**, 2933
 Camel, 56
 Cammann, George Philip, **1233**
 Campbell, **2934**
 Campbell, John, **2861**
Canal de Panamá, **604**
 Cannon, Annie J., **1204**
 Cannon, Walter B., **1556**
 Cantor, Georg, 263, **798**, **826**, 1196, **1683**, 1872, **1984**, 2274, 2741, 3106
 Capek, Karel, 2784
Caprichos, los **103**
Caproni CA-3, **516**
 Carathéodory, 1740, 1984
 Cardan, 1057, **1780**, 544
 Cardano, 1983, **2586**
 Carey, George, **3014**
 Carlisle, A., **1090**
 Carlomagno, 2888
 Carlos II, 1110
 Carlos X, 836
 Carlos, Walter, 2881
 Carnap, 1872, 2589
 Carnot, 2182
 Caronte, 322
 Carpenter, **2348**
 Carr, Gerald P., 2901
 Carrel, Alexis, **3164**
 Carson, Rachel, **1960**
 Cartan, 801, **1263**
Cartas filosóficas (Carta XI), 3235
 Carter, 422
 CASA C-101, **392**
 CASA C-212 "Aviocar", **418**
 Casa de las Vestales, 1612
 Casal, Gaspar, **153**
 Casals, Pablo, 501

Cascadas Petrificadas (Pamukkale), 568
 Casciarolo, Vincenzo, **1362**
 Case, Theodore, **2928**
 Caselli, Giovanni, **3014**
 Cassegrain, Guillermo, 3009
 Cassini, 3242
 Catalina II, 1415
Catedral de Bourges, 270
Catedral de ciudad de México, 612
Catedral de Ely, **534**
 Cattell, McKenn, **752**
 Cauchy, Agustín-Louis, 196, **824**, **836**, 953, **977**, 1054, 1193, 1196, 1415, **1530**, **1682**, **1739**, 1984, 2274, 2852, 3106
 Cavalieri, **196**, **259**
 Cavendish, Henry, **438**, **1408**, **1525**, 1596
 Cayley, George, **55**, **58**, **2494**
Cayo Duilio, 893
 Cebrián, J. A., **641**
 Celsius, Anders, **3021**
 Centro Georges Pompidou, **1185**
 Ceres (asteroide), **298**
 CERN (Centro Europeo de Investigaciones Nucleares), 16, 17
 Cesalpino, Andrea, **530**
 CETME, 1421
 Cierva, Juan de la, **1560**
Cirugía del maestro Ruggero, 2030
 Ciudad Encantada (Cuenca), 568
 Clark, Barney, 2349
 Clarke, Arthur C., 2816
 Claudio, 2854
 Claus, K., 1449, 2384
 Clausius, Rudolf, **1168**
 Clavius, Christopher, **578**
 Clay, Lucius, **420**
Clermont, **2218**
 Coanda, Henri, **1331**
 Cockerell, Christopher, **1654**
Código Herbario, 1570
 Cohen, 827, **1984**
 Cola, Arthur F., **137**
 Colbert, Edwin H., 1014
Coliseo de Roma, 1638
 Collins, Michael, 313
 Colón, Cristóbal, 551, 1468, 1922, 2218, 2224
 Colt, Samuel, **2488**
 Columbia, 1089, 3140
Comentarios a los Elementos, 1486
Comentarios a los Elementos de Euclides, 256
 Comisión Internacional de Iluminación, 770
 Compton, Arthur Holly, **1886**, 2751
 Comte, 2142
 Concilio de Letrán, 446
 Concorde, 54, 397, **412**, **422**, 3332
 Conde, 1205
 Condon, E. U., 2371
 Congreve, William, 759, 2134
Conócete a tí mismo, 239
Conqueron, **549**
 Conrad, Charles Jr., 2901
 Consejo de Europa, 86
Consolidated B-24 "Liberator", **516**
Convair B-36, **516**
Convair B-36 "Peacemaker", **518**
Convair B-59 "Hustler", **422**
Convair F-106, **417**
 Conybeare, William, **621**
 Cook, 3317
 Cooke, 3002
 Coon, Carleton, **1632**
 Cooper, **2945**
 Cope, Edward Krinker, **2392**
 Copérnico, Nicolás, **300**, **642**, **864**, 1326, 1430, **1971**, **2016**, **2500**, 3074, 3210

Coriolis, 694, 1957, 3113
 Cormack, Allan, **3100**
 Cornell University, 17
Corpus Hippocraticum, **2027**
 Cortés, Hernán, 922
 Corti, 340
 Cosmos, 312
 Coulomb, Charles-Augustin de, **1034**, **1079**, **1424**
 Coulter, **190**
 Courtois, Bernard, **541**
 Cousteau, Jacques Yves, **267**, **482**, **555**, **2832**
 Cowan, J. Lionel, **1846**
 Cowper, 1162, **1467**
 Coxeter, 1194
 Cramer, 1060, **2010**
 Cranach, Lucas (el Viejo), **642**
 Crick, Francis H. C., **486**, **499**, **966**, **1465**, **1684**, **1700**, 2878
 Cristo, 1526, 2447
 Cristofori, Bartolomeo, **2472**
 Crompton, S., **1609**
 Cronstedt, **2250**
 Crookers, William, **3182**
 Csuri, Charles A., 214
Cubic Space Division, 1194
Cuentos del Decamerón, 2458
 Curie, P. y M. 812, 1106, **1601**, **2070**, 2386, 2663, **2668**, 2669
Curso de Medicina del Colegio de Francia, 1345
 Curtiss, Glenn, **516**
 C-46 (avión), 420
 C-47 (DC-3), (avión), 420
 C-54 (DC-4), (avión), 420
 C-141 (avión), 420

CH

Chadwick, James, 339, **1790**
 Chagall, Marc, 103, 2446
 Chain, **1303**
Challenger, **554**, **2287**, 3140
 Chamberlain, Houston S., **2698**
 Chandrasekhar, Subrahmanyan, 106, 107
 Chang-Heng, **2884**
 Chaptal, **2252**
 Charaka, 2035
 Chardonnet, Hilaire, de, 796
 Charles, 1444, **1998**
 Cherenkov, 2630
 Chevalley, 801
 Chevreul, Michael, **1768**
 Chopin, 2473
 Chu-Ku-Tien, **241**
 Chu Shi-Kie, **777**
 Chu-Shu-Hsue, **1984**
 Church, 1872
 Churchman, 1760
 Chuzen, Murai, **777**

D

D'Alembert, **824**, 1055
 D'Hallo, Omalius, **872**
 Daguerre, Jacques Mandé, **301**, 1376, **2276**
 Dalton, John, **334**, **1334**, **1990**, **2262**, 2630, **2950**
 Daly, 1495
 Dallas-Ford-Worth, aeropuerto, **64**
 Daniel, 1103
 Danielli, **651**

Dante, 850, 2049
 Dantzing, **2594**
 Dario, **104**
 Dart, **1280**
 Darwin, Charles, **219**, **240**, **275**, **480**, **1048**, **1270**, **1276**, **1326**, **1750**, **1960**, **3272**
 Dassault Mirage 2000, **392**
David (submarino), 3118
 Davis, 1178
 Davis, William Morris, **1490**
 Davisson, Clinton, **2021**
 Davson, **651**
 Davy, Humphry, **522**, **541**, **568**, **1090**, **1800**, **1906**, **2070**, 2562, 2905
 DC-1 (avión), 57, 398
 DC-2 (avión), 57, 398
 DC-3 (avión), 57, 398, 412
 De Broglie, **2658**
 De Groof, 3328
 De Havilland Canadá DHC-5 "Búfalo", **418**
 De Havilland "Mosquito", **399**
 Laval, G. de, **1411**
De Mirabilibus Mundi (Sobre las maravillas del mundo), 759
 De Moivre, 2586
 De Morgan, **146**
De numero indorum, **150**
De Nova Stella, 1246
De ovo incubato, 2030
De re metallica, 2128
De Rerum Natura, 334
 Debye, P. J., **1341**
 Decourt, V. Jean, 988
 Dédalo, **118**, 3328
 Dedalus, Stephen, 1430
 Dedekind, Richard, 263, 827, **1683**, 1984, **2274**
 Degen, 3328
 Delsarte, 801
 Della Porta, Giovanni Battista, 1376
 Della Spina, Alejandro, **1428**
 Demócrito de Abdera, **334**, 826, **1104**, **1988**, **2586**, 2630, **2950**
 Dendrieux, 3328
 Denis, **2031**
 Dermin, 3162
 Desargues, 1487
Desastres de la guerra, los **103**
 Descartes, **196**, **253**, 824, 916, **919**, 1415, **1481**, 1487, **1983**, 2547, 2736, 3104
Descubierta, **549**
Deutschland, 552
 Dewar, Sir James, 584, 3038
 Dewey, Melvil, 463, **1686**
 DH Comet 106, 397
DH 98 "Mosquito", **649**
 Diamante Sutra, el, **1662**
 Dicke, Robert N., 2748
 Diderot, 698, 3137
 Dido, 2306
 Didot, **1836**
Die Grundlagen der Arithmetik, **263**
 Diessel, Rudolph, **552**, 549, 1282, 1306, **2184**, 3040, 3129
 Dieudonné, 801, **1263**
 Diocles de Caristo, 478
 Diofanto, **142**, **263**, **3032**
 Dion-Bouton y Trepardieux 1887, 350
Dique del Gran Coulee, 612
 Dirac, 1462, **1991**, **2022**
 Dirac, Paul A. M., **236**, **1911**
 Dirichlet, **824**, 1196, 1740, 1984, 3033
Discours de la Méthode, 1481
Disneylandia, 707
Disparates, los **103**
Disquisiciones generales circa superficies curvas, 1485
Disquisitione arithmeticae, **263**
Divina Comedia, 850
 Döbereiner, Johann, **2950**

Dobzhansky, Theodosius, **1270**
 Dokuchaiev, **71**
 Domiciano, **3270**
 Dondi, Giovanni, **3069**
 Donne, John, **3074**
 Doob, **1984**
 Doppler, Christian Johann, **305, 1066, 2231, 2310, 2926**
 Dornier Doz, **396**
 Dornier Wal, **396**
Dos mil uno: una odisea del espacio, **213**
 Douglass, A. E., **269**
 Douglas C-133, **421**
 Douglas C-47
 "Skytrain/Dakota", **418**
 Douglas DC-1, **57, 119**
 Douglas DC-2, **119**
 Douglas DC-3, **119, 396**
 Douglas DC-8-63F, **420**
 Douglas DC-10, **401**
 Douglas Sleeper Transport (DST), **57**
 Douglas, Donald, **57, 398**
 Douglas-Aircraft Company, **293**
 Down (síndrome) **1156, 1926**
 Doyle, Arthur Conan, **2838**
 Drais, Carl, **464**
 Drake, Edwin L., **2428**
 Drake, Francis, **547**
 Drake, Harry, **248**
Dreadnought, **549**
 Dreyer, J. L. E., **642**
 Dreyfus, Camille, **796**
 Drinker, Philip, **2622**
 Drude, **3242**
 Du Bois-Reymond, Emil, **468**
 Duchenne, **1032**
 Duchess, **112**
 Duke University, **112**
 Duncan, **1498**
 Dundlop, John Boyd, **464**
 Duomo (Florencia), **271, 534**
 Duomo (Milán), **747**
 Durero, **103, 642, 1488**
 Durkheim, Emile, **238**
 Dykstraflex, **213**
 Dyman, George A., **2176**

E

Eagle, **306**
 Eakins, Thomas, **1260**
 Eastman, George, **594**
 Eddington, Arthur, **107, 1241, 2749**
 Edgerton, Harold E., **1260**
 Edison, Thomas A., **166, 520, 714, 1022, 1024, 1763, 1948, 2928, 3229**
Elémérides, **325**
 Ehrlich, Paul, **192, 232**
 Einasto, **1432**
 Einhorn, Albert, **994**
 Einstein, Albert, **106, 106, 107, 151, 237, 242, 264, 478, 508, 658, 664, 778, 784, 910, 1047, 1056, 1106, 1192, 1326, 1339, 1348, 1409, 1423, 1464, 1489, 1525, 1808, 1889, 1976, 1991, 2018, 2020, 2196, 2456, 2700, 2744, 3026, 3041, 3068**
 Einthoven, Willem, **1084**
 Ekeberg, A. G., **3236**
 Ekman, Vagn Walfrid, **848**
El origen de las especies por selección natural o la conservación de la especie en la lucha por la vida, **480, 1278, 2840**
 Elcano, **2937**

Eldredge, Niles, **1272**
Elementos, **142, 263, 916, 1486, 1983, 2090**
Elementos de Euclides, **1192**
Éléments de Mathématique, **801, 1263, 1985**
 Elhuyar, **1106, 3336**
 Ely, E., **2558**
 Emerson, Keith, **2881**
 Emerson, Lake & Palmer, **2881**
 Emerson, Ralph Waldo, **1988**
 Emlen, **2115, 2358**
 Empédocles, **476, 1988**
Enciclopedia, **3137**
Encyclopédie, **438, 698**
Enfermedades de los trabajadores, **1176, 2040**
 Engle, Joe, **2478**
 Enrique VIII, **2048**
Ensayo sobre los principios de la población, **1276**
 Eötvös, Roland, **1470**
 Epicuro, **334**
 Epstein-Barr, **1576**
Erasmus de Rotterdam, **103**
 Eratóstenes, **3032**
 Erdmann, **1220**
 Ericsson, John, **1558**
 Erlenmeyer, **1792**
 Eros (asteroide), **299**
 ERW (enhanced-radiation weapon), **265**
 Escher, Maurits Cornelis, **449, 918, 1194**
 Espelius, Joseph Antonio, **526**
 Esquivel de Sotomayor, Manuel, **1104**
Essay de dioptrique, **2030**
 Euclides, **142, 151, 263, 344, 777, 916, 1192, 1194, 1263, 1486, 1982, 2090, 3032**
 Eudemo de Rodas, **256, 1486, 3180**
 Eudoxo, **1682, 1740**
 Euler, Leonhard, **196, 263, 774, 824, 837, 1055, 1415, 1487, 1738, 1740, 1867, 1983, 2308, 2547, 2596, 2736, 2851, 3032, 3104**
 Evans, Oliver, **708**
Exodo, **704**

F

Explorer 1, **310**
F-4 Phantom, **646**
F-4 Phantom II, **649**
F-4E Phantom, **397**
F-14 "Tomcat", **428**
F-15 A/B (avión), **293**
F-16 (avión), **417, 429**
F-16 A/B (avión), **293**
F-16 Fighting Falcon, **646**
F-16 XL Scamp, **397**
F-18 Hornet, **646**
F-100 Super Sabre, **397**
F-111 (avión), **400**
 Fahlberg, Constantine, **2806**
 Fahrenheit, Gabriel Daniel, **3021**
Fairlight CMI, **1737**
 Fallot, **1927**
 Fancy, **1110**
 FAO, **72**
 Faraday, Michael, **208, 1090, 1095, 1142, 1763, 1909**
Fat Man, **264**
 Fayrchild Republic A-10A Thunderbolt II, **392**
 Fedorov, **1533**
 Fehling, **192**
 Feller, **1984**
 Fermat, Pierre de, **263, 1217, 1481, 1487, 1983, 2586, 3032**
 Fermi, Enrico, **664, 1349, 1427, 1790, 2022, 2224**
 Ferrari, **1951, 379**
 Ferraris, Galileo, **2189**
 Ferrater Mora, **1760**
 Feynman, **1336**
 Fiat CR 32, **414**
 Fibonacci, **8, 9, 142, 150, 151, 262, 1057, 1058, 1481, 1983, 2309, 2887, 3181**
 Fick, A. E., **1828**
 Figini, Luigi, **990**
 Filolao, **864**
 Filón de Megara, **1872**
Final cut, **1229**
 Finlay, Carlos J., **1160**
Finnegan's Wake, **2630**
 Fischer, Bobby, **112, 1230, 1984**
 Fisher, Emil, **1170**
 Fisher, R. A., **828, 1234**
 FITA (Federación de Tiro con Arco), **248**
 Fitch, John, **2219**
 Fizeau, Armand Louis, **301, 1066, 1888**
 Flamsteed, John, **642**
 Fleming, Alexander, **230, 730, 1204, 1303**
 Flerov, **3162**
 Fliess, Wilhelm, **500**
 Flipper, **936**
 Flora, **1350**
 Florey, **1303**
 Flyer, **60, 394, 396**
 Flying Bathtub, **399**
 Focke, **1560**
 Fokker (avión), **56**
 Fokker, Anthony, **119**
 Folkman, Benjamin, **2881**
Following Terrain Radar, **518**
 Fontana, Niccolò, **776**
 Ford T (automóvil), **358**
 Ford 1908 (automóvil), **351**
 Ford, Henry, **351, 358, 708, 3147**
 Forest, Lee de, **706, 714, 1099, 1734, 2928**
 Forlanini, Enrico, **1591**
Formal Logic, **146, 1872**
 Forrester, Jay, **2899**
 Forsyth, A. J., **2488**
 Foucault, **301**
 Fourier, J. B. J., **46, 824, 1055, 1415, 1734, 1740, 2365, 2736, 2852**
 Fowler, R. H., **106**
 Fox, **3275**
 Fox Talbot, William Henry, **1260**
 Fraenkel, Zermelo, **801, 1984**
 Framingham, **767**
 Francis, **3200**
 Franklin, Benjamin, **1094, 1429, 2696**
 Fraunhofer, **1203**
 Fréchet, **1196, 1984, 3106**
 Fredholm, **1984**
 Freedom 7, **311**
 Frege, **263, 1872, 1985, 386, 2275, 2741**
 Frenet-Serret, **1484**
Fresco de los Delfines, **937**
 Fresnel, **344, 1827**
 Freud, Sigmund, **500, 2028, 2609, 2902**
 Friedlander, P., **772**
 Friendship 7, **311**
 Frisch, Otto, **1348**
 Frisch, Rose, **52, 53**
 Fritsch, Gustav Theodor, **684**
 Fröbenius, **1060, 2009**
 Frost, Eben H., **206**
 Froude, **3035**
 FSW, **397**
 Fuca, Juan de, **2387**
 Fulton, Robert, **2219, 2934**
 Fuller, R. Buckminster, **271, 536**
 Funk, Casimir, **3314**

G

Gabor, Denis, **1889**
 Gadolin, Johann, **1804**
 Gagarin, Yuri, **306, 311, 312**
 Gagnan, Emile, **482**
 Gahn, J. G., **1932**
 Galaxy, **3327**
 Galeno, **476, 685, 2027**
 Galilei, Galileo, **259, 300, 310, 320, 325, 452, 479, 642, 698, 982, 1415, 1430, 1524, 1683, 1782, 1789, 1826, 1881, 1983, 2012, 2086, 2194, 2302, 2586, 2736, 2744, 2826, 2895, 3020, 3048, 3210, 3254, 3266**
Galileo (nave espacial), **1783**
 Galois, Evariste, **143, 1057, 1262, 1530, 1984**
 Galvani, Luigi, **468, 1080, 1084**
 Gamow, George, **305, 3219**
 Gantt, Henry L., **2449**
 Garelli, **2179**
 Garibaldi, **893**
 Garriot, Owen K., **2901**
Gateway Arch, **251**
 Gauss, Karl Friedrich, **263, 298, 775, 918, 1055, 1056, 1192, 1195, 1468, 1483, 1485, 1488, 1682, 1983, 2588, 3032, 3106**
 Gauss-Laplace, **1217**
 Gavin De Beers, **254**
 Gay-Lussac, Joseph Louis, **522, 1009, 1444, 2146**
 Geer, barón de, **1501**
 Geiger, **815, 1765, 1789, 2630**
 Geiger-Müller, **1449**
 Geissler, Heinrich, **3186**
 Gelón, **1587**
 Gell-Mann, **2630**
 Gémini, **308, 313**
General Dynamics, **518**
Génesis, **1279**
 Gengis Kan, **248**
 Gentzen, **2091**
Géométrie, **la 1481**
 George, Pierre, **75**
 Germer, Lester, **2021**
 Gerson, Levi Ben, **777**
 Gestalt, **3061**
 Gheorso, **3162**
 Giambelli, Federico, **2120**
 Gibbs, William Francis, **553**
 Gibson, Edward G., **2901**
 Gilbert, **1700**
 Gilbert, William, **544, 2386**
 Gill, David, **643**
Ginecología, **2026**
 Giubo, **1780**
 Glaser, Donald E., **591**
 Glenn, John, **306, 311**
 Glisson, **153**
 Glivenko, **1986**
 Giobar, **1692**
Gloire, **548**
Glomar Challenger, **204, 555, 1705, 2287**
 Gmelin, **193**
 Gnedenko, **1984**
 Gobineau, Joseph, **2698**
 Goddard, Robert H., **310, 311, 760**
 Gödel, **801, 827, 1872, 1984, 2091, 2272**
 Godfrey, Thomas, **2861**
 Gold, **305**
 Goldeberger, Joseph, **153**
 Goldman, **1370**
 Goldschmidt, Victor, **1496**
 Golgi, Camilo, **478, 655, 1124, 2032, 2236**
 Gonseth, **1873**
 Goodyear, **588**
 Gordio, **2270**
 Gordon Olley, **396**

Corrie, John, **786**
Gossamer Albatross, **3329**
Gossamer Condor, **3328**
 Gould, Stephen Jay, **1272**
 Goya, **103**
Graf Zeppelin, **1517**
 Graham, Thomas, **984**
 Gran Barrera Coralina, **274**
 Graves Otis, Elisha, **288**
 Gravesange, **1008**
 Gravat, **2997**
 Gray, Elisha, **2998**
Great Britain, **2218**
 Green Morton, William Thomas, **994**
 Greenwich, **319**
 Greenwood, John, **994**
 Gregor, William, **3090**
 Gregorio XIII, **578**
 Grimaldi, Francesco, **999**
 Gros, J. A., **2459**
 Grove, William, **2478**
 Grumman F-14 "Tomcat", **413**
 Grumman F-14 A "Tomcat", **414**
 Grumman Hawkeye E-20, **392**
Grundlagen der Arithmetik (Fundamentos de la Aritmética), **1873**
 Guarini, Guarino, **535**
Guerra de las Galaxias, **la 213**
 Guillermo el Conquistador, **2270**
 Gunter, Edmund, **1871**
 Günz, **1500**
 Gustavo VI de Suecia, **501**
 Gutenberg, Beno, **1938**
 Gutenberg, Johann, **1372, 1495, 1662, 1836, 2589, 2434, 3085**
 Guyot, Arnold, **1960**
 G-222 (avión), **419**

H

Haar, **1984**
 Hadamard, **3032**
 Hadley, John, **2861**
 Hahn, Otto, **1196, 1348, 1984**
 Hahnemann, Samuel Christian, **1634**
 Haken, Hermann, **2899**
 Haken, Wolfgang, **3106**
 Haldane, J. B. S., **1270, 3079, 3273**
 Hale, **301, 2134**
 Hales, Stephen, **3252**
 Haimos, **1987**
 Hall, **1984**
 Hall, C. M., **170**
 Halley, **784**
 Hallwachs, **1388**
 Hamburger, **710**
 Hamilton, **2275**
 Hamilton, William D., **2902**
 Hamming, R. W., **1691**
 Hammond, Laurens, **1735**
 Hammurabi, **3262**
Hampden, **646**
 Hannay, James, **986**
 Harcher, Henry, **2845**
 Harden, **496**
 Harding, Karl, **298**
 Hardy (junta), **1780, 3033**
 Hardy, J., **3164**
 Hargreaves, James, **1609**
Harley Davidson, **2179**
Harpoon, **548**
 Harrier, **397, 419, 549, 649**
 Harrison, John, **438**
 Hartley, **2362**
 Harvard, **52, 785**
 Harvey, **3162**

Harvey, William, **478, 628, 698, 3150**,
 Hasse, 1984
 Hatchett, C., **3236**
 Hatshepsut, 3240
 Hausdorff, Felix, **1196, 1984, 3106**
 Haüy, R. J., 1231
 Havilland, Geoffrey de, **119, 647**
 Hawthorne, Nathaniel, 1635
 Hay, **193**
 Heine, 824, 2274
 Heisenberg, Werner, **2024**
 Helios, 316
 Helmholtz, H. L. F., 505, **586, 2293, 2927, 3043, 3310**
 Hemingway, Ernest, 501
 Hencke, K. L., **299**
 Henin, 72
 Henning, W., **1275**
 Henri, 752
 Henry, 796
 Hera, 252
 Heráclito, 826, 2151, 2850
 Heraeus, 3091
 Hérault, 20
 Hércules (avión), 419
 Hereward, 2270
 Hérigone, **777**
 Hermes (asteroide), **299**
 Hermes (transbordador espacial), 3143
 Herodoto, 1486
 Herón de Alejandria, **346, 410, 1788, 2019, 3040**
 Herrick, C. Hudson, **680**
 Herriot, D. R., 1020
 Herschel, J., **300**
 Herschel, William, **864, 1432, 1692, 1971, 2500, 3210, 3224**
 Hertz, Heinrich Rudolf, 910, 1388, **2664, 2676**
 Hertzprung-Russell (diagrama), **305, 982, 1252, 1434**
 Hess, Eckhard, **245, 924**
 Hey, J. S., **2673**
 Heyerdahl, Thor, **847**
 Heyting, 1986
 Hilbert, David, **801, 1193, 1195, 1264, 1487, 1683, 1872, 1984, 2019, 2090**
 Hillebrand, **260**
 Hindenburg (dirigible), **78, 1514, 1517, 1597**
 Hiparco, **304, 318, 322, 642, 982, 1246, 3181**
 Hipócrates, 476, 942, 1176, 1526, **1634, 1924, 2027, 2420, 2611, 3262**
 Hiroshima, 508
 His, 628
 Historia de la generación del hombre y de los animales, 2030
 Historia de las plantas, la 529
 Historia de los animales, 476
 Hitchcock, Alfred, 2167, 2594
 Hitler, 1543
 Hitzig, Eduard, **684**
 Hodking, 468
 Hoe, R., **1837**
 Hoffmann, A. J., **1841**
 Hoffman, Friedrich, **2648**
 Holmes, Sherlock, 2838
 Holonyak, Nick, **1018**
 Holter, 630
 Holland, John P., **2934**
 Holländer, E., 2034
 Hollerith, Hermann, **1218, 2966, 2990**
 Hombre de Leonardo, el, 990
 Homero, 1296, 2271
 Hooke, Robert, **479, 650, 1075, 2860**
 Hopkins, F. G., **3314**
 Hopkins, John, 500
 Hounsfield, Godfrey, **3100**
 Housatonic, 3118
 House, R. E., 3013
 Howard, Luke, **2258**

Howe, Elias, 796, **1944**
 Hoyle, F., **305, 3220**
 Huang Ti, 2035
 Hubble, Edwin Powell, **864, 1066, 1434, 3214, 3216**
 Huggins, William, **1066**
 Hummingbird, 214
 Hunter, John, 726
 Huntsman, 20
 Hurricane MK II, **646**
 Hurwicz, criterio de, **3031**
 Hutton, James, **1500**
 Huxley, 468
 Huxley, T. H., 2568
 Huygens, Christian, **999, 1789, 1971, 2586, 2722, 2826, 3069**
 Hyatt, J. W., **2516**

I

I.A.I. "201 Arava", **418**
 Icaro, **118, 938, 3328**
 I-Ching (Libro de las transformaciones), **777**
 Iglesia de San Lorenzo (Turín), 535
 Iglesia Grande de Alkmaar, 988
 Igor Strawinsky, retrato de, 990
 Ilzro, 704
 Ilyushin IL-76, **421**
 Instituto de Estudios Nucleares de Chicago, 924
 Instituto de Física Aplicada Torres Quevedo, 48
 Instituto de Reforma Sanitaria del Oeste, 678
 International Motorboating Union, **1113**
 International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), **131**
 Introductio in Analysin Infinitorum, 1868
 Invencible, **549, 893**
 Investigación sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones, **346**
 Iris, 252
 Isabel I de Inglaterra, 796, 2386
 Ishihara, 2041
 Ito, 1984
 Ivan Rogov, 3249

J

Jackson, Hughlings, **684**
 Jackson, Reggie, **500**
 Jacob, François, **1459**
 Jacquard, Joseph Marie, **2966, 2888, 2990**
 Jachtschiff, **1110**
 James, Henry, **1632**
 Jansen, Pierre, **300**
 Jansky, Karl Guthe, **260, 304, 2670**
 Janus, 1616
 Jarvik-7, **2349**
 Javan, A., 1020
 Jean Tand 1894, 351
 Jenner, Edward, **1606, 2420, 3234, 3265**
 Jhonson, Ben, 2642
 John Ancok Tower, rascacielos, 172

Joliot-Curie, Federico, 100
 Joliot-Curie, Irene, 100
 Jolson, Al, 2928
 Jordan, 1740, 3106
 Josephson, Brian David, **3208**
 Joubert, Jules-François, 230
 Joule, **582, 586, 3149**
 Joyce, James, 1430, **2630**
 Juana de Arco, 893
 Juanita hiladora, 1609
 Judson, Whitcomb, **870**
 Julio César, 99, **578**
 Jumbo jet, 62
 Junkers G-38, 56, 119
 Junkers, Hugo, **119**
 Junkers Ju 87 "Stuka", 647
 Juno (asteroide), **298**
 Júpiter (coheite), **312**
 Júpiter (planeta), 315, **317**
 Justiniano, 2832

K

Kaiser, Henry J., **553**
 Kalproth, Martin, 3090
 Kamerlingh Onnes, H., **2944**
 Kamm, WIE, **378**
 Kant, Emmanuel, 826, **1195, 1489, 1985, 1988, 1993, 2272, 3104**
 Kantorovich, 2594
 Kao, Charles K., **1315**
 Kaoru Ikeya, 324
 Kapitza, **2947**
 Kaplan, 3200
 Kaufman, 2346
 Kaufmann, Arnold, 1760
 Kawasaki-1100, **2176**
 Kayem, 704
 Kays, Robert, 2988
 Keenan, P. C., **1204**
 Kekulé, Friedrich August, **208, 1300**
 Kelvin, William, **874**
 Kellman, E., **1204**
 Kellogg, J. H., **678**
 Kems, 2167
 Kendall, 859
 Kennedy, aeropuerto, **63, 64, 537**
 Kennedy, John F., **312, 2726**
 Keops, 686
 Kepler, Johannes, **196, 257, 259, 300, 323, 642, 882, 1430, 1524, 1788, 1866, 1971, 2017, 2500, 2549, 2894, 3071, 3210**
 Kerr, John, **656, 2310**
 Kerr, William J., **1233**
 Kerst, Donald W., 460
 Kerwin, Joseph P., 2901
 Kettlewell, H. D. B., **1278**
 Kevorkian-Young, 1498
 Khayan, Omar, **777**
 Kiev, 893
 King-Kong, 213
 King Tiger Mark VI, 636
 Kirchhoff, Gustav, **300, 1209**
 Kirov, **893**
 Kitasato, 1792
 Klaproth, M. H., **710**
 Kleene, 1986
 Klein, Felix, 449, 1487, **1532, 3104**
 Klinefelter, 1156
 Koch, Pauline, 2744
 Koch, Robert, 764, **3265**
 Kodak Brownie, **594**
 Koehler, Otto, **2273**
 Koff, William J., **1756**
 Köhler, **1701**
 Köhler, W., **244**
 Kohlrausch, 1762
 Kolmogorov, 1984, 2587
 Komarov, V. L., 1570
 Konberg, Arthur, **489**

König, F., **1837**
 Kon-Tiki, **848**
 Koopmans, 2594
 Kotarbinski, 1760
 Kowaleska, Sonia, **1984**
 Krebs, 981, 2060
 Kremer, Gerardo, **638**
 Kremer, Henry, 3328
 Kritik der reinen Vernunft (Crítica de la razón pura), 1195
 Kroll, William J., 710, 3090
 Kronecker, **262, 800**
 Krull, 1984
 Kuhn, Thomas, **697, 1987, 2594, 2896**
 Kuhn & Rittmann, 1495
 Kuhne, **496**
 Kuiper, **2534**
 Kummer, **3033**
 Kuntzmann, **1982**
 Kupffer, **1602**
 Kurosawa, Akira, 501

L

Laennec, René T. H., **1232**
 Lafarge, Maria, 3122
 Lagrange, Joseph Louis, 146, 263, 836, 950, 1052, 1487, **2019, 2308, 2594, 2850**
 Laika, **312**
 Lake, Simon, **2935**
 Lamarck, Jean Baptiste, dc, **650, 1276, 2840**
 Lambert, 764, 1207
 Lambert, conde de, **1591**
 Land, Edwin H., **2542**
 Landsat, 2995
 Landsteiner, Karl, 730, **2776, 2813**
 Lane, 1241
 Lange, Oscar, 1760
 Langerhans (islotos de), 980, 1123
 Langerhans, Paul, **2398**
 Lanjarón, 99
 Lanston, T., **1837**
 Lanza, 1895, 351
 Laplace, Pierre Simon, 146, **158, 836, 977, 1983, 2586**
 Lapworth, Charles, **2342**
 Larson, John A., 972
 Lasansky, 103
 Laszlo, 2899
 Lauste, Eugène, **2928**
 Lavoisier, Antoine L., **78, 158, 780, 1104, 2252, 2642**
 Lawrence, E. O., 14, 17
 Lawson, **1425**
 Le Bel, **1231**
 Le Corbussier, 990
 Le Lionnais, 1263
 Le Verrier, V. J. J., **2234**
 Leakey, L. S. B., **240**
 Lebesgue, 1740, **1984**
 Leblanc, Nicolás, **1768**
 Leclanché, George, **1846**
 Leclerc, G. L. conde de Buffon, **1266**
 Lee, Edmund, **834**
 Lee, W., 796
 Legendre, 263, 3032
 Leibniz, Wilhelm Gottfried, 9, 146, 150, 194, **197, 259, 776, 777, 824, 826, 837, 950, 1052, 1055, 1060, 1195, 1414, 1487, 1682, 1738, 1870, 1872, 1983, 2272, 2736, 3106**
 Leigh, Janet, 2167
 Leith, E. N., **1626**
 Lely, **710**
 Lemaitre, **305**
 Lenard, Philip, **1363**
 Lenz, Emil, 3045

lerici, Carlo Mauricio, **267**
 Les grand courants de la pensée mathématique, 801, 1263
 Les Halles (Paris), 534
 Leucipo, 338, **1104, 1988**
 Leverrier, **2500**
 Leviathan, **553**
 Levi-Civita, **1984**
 Lévy, 1984
 Lewis, **1166**
 Ley sobre Especialidades Médicas, 731
 Liapunov, **1984, 2586**
 Libbi, Willard F., 924
 Liber Abaci, 9, 150, 1059
 Liber algebrae et almucabala, **142**
 Liber Quadratorum, **142**
 Liberty, **553**
 Librería Real, 463
 Libro de las señales, el, **2088**
 Lillienthal, Otto, **55, 118, 938, 2494, 3326**
 Lilly, John, 936
 Lind, James, **153, 3317**
 Lindbergh, Charles A., **60, 423**
 Lindemann, **1764**
 Linneo, Carlos, **219, 480, 530, 922, 1571, 2504, 2569, 2698, 3240**
 Lippman, **1218**
 Lister, Joseph, 729, **1300**
 Listing, Johann B., 3106
 Liszt, F., 2473
 Little Boy, **264, 508**
 Littlewood, 3033
 Littré, 1162
 Livermore, Lawrence, 1915
 Lobachevsky, Nicholas Ivanovich, 1192, **1489, 1983**
 Lockheed C-5, 421
 Lockheed C-5A, 420
 Lockheed C-5 Galaxy, **420**
 Lockheed C-5A Galaxy, 393
 Lockheed C-130 "Hércules", **392, 418**
 Lockheed C-141, **421**
 Lockheed F-104 C "Starfighter", **414**
 Lockheed L-1011 "Tristar", 401
 Lockheed P-38 "Lightning", 649
 Lockheed SR-71 Blackbird, **392, 397**
 Lockyer, Joseph, **260, 300**
 Lockyer, Y. N., 1449
 Logarithmotechnia, 1867
 Long Beach, **892**
 Long, Crawford W., 727
 Lorenz, 2744, 3069
 Lorenz, K., **245, 1267**
 Lorenzen, 1986
 Lotus-Ford, 1970, 379
 Loud, John, **506**
 Lousma, Jack R., 2901
 Louvre, 921
 Lovell, Bernard, 2673
 Lowell, Percival, **1971, 2500, 2535**
 Lower, 2031
 Lucas, **1059**
 Lucas, George, 213
 Lucrecio, **334**
 Luening, Otto, **2880**
 Lufthansa, **395**
 Luis Felipe, 836
 Luis Napoleón, 1966
 Luis XIV, 1770, 2414, 2430, 3122
 Lukasiewicz, 1872
 Lull, Ramón, **1872**
 Lumière, 1378
 Luna Orbiter, 2922
 Luna 9, **314**
 Luna 13, **312**
 Lunik I, 311
 Lunik 9, **312**
 Lupo, **549**
 Luppis, Johan, 3118
 Lusitania, **632, 2933**

Lyman, 2023
Lynn, Jeryl, 2404

M

MacLaurin, 952, 2853
MacMillan, E. M., 2536
MacMillan, Kirkpatrick, 464
Macon, 1516
MacReady, Paul B., 3328
Mach, Ernst, **422**, **1260**, **2196**
Maestral, **549**
Magallanes, Fernando de, **1434**, **2224**, **2286**, 2937
Magendie, François, **159**, **698**
Magnasco, Alejandro, **2203**
Magsat, 2997
Magurier, 464
Maiman, T. H., **1020**, 1370, **1810**
Malinowski, Bronislaw, **238**
Malpighi, Marcello, **479**, **2030**
Malthus, Thomas, **1276**
Malus, E. L., **1231**
Maller, Augustus, **1084**
Mallory, 1616
Mandelbrot, **827**
Manhattan, **553**
Mannheim, André, **1871**
Manuzio, Aldo, **1836**
Marco Polo, 2443
Marconi, Guillermo, 2362, **2664**
Marey, Etienne Jules, **1260**
Margarita Philosophica, **150**
Margulis, Lynn, **3275**
Maria Estuardo, retrato de, 988
Mariner, 316, 2922
Mariner 2, **310**
Mariner 4, **1972**
Mariner 9, 1069, **1972**
Mariner 10, 1069, 1497, 2055
Marinoni, Hipólito, **2435**
Marrionette, Edmond, **1445**, 1598
Mark I, 636
Markov, **1984**, 2586
Marmon Wasp, 1911, 378
Mars 3, 1970
Marsh, Oriniel Charles, **542**, **2392**
Marte (planeta), 315, **317**
Martenot, Maurice, **1735**
Martin, **396**
Martin-Siemens, 20, 1417, 1646
Mary and a little lamb, 1022
Mascheroni, 2851
Mason, John L., **802**
Masson, **3186**
Matisse, Henri, 103, 2446
Maucci, 1534
Maudslay, Henry, 3117
Maupertuis, **2306**
Maury, **1204**
Maury, Matthew, **846**
Maxam, **1700**
Maxim, Hiran Stevens, **176**
Maxim, Hiran Percy, 2866
Maxwell, James Clerk, 559, **582**, 910, 1169, 1378, **1408**, **2196**, **2664**, **2742**, 3294
Mayall, **1204**
Mayer, **582**, **586**
Mayer, Ernest, **1272**
McAdam, John, **1040**
McCann, E. Armitage, **2140**
McCarey, 2346
McDonnell Douglas DC-10, **411**
McDonnell Douglas F-15 C "Eagle", **392**, **414**
McMillan, 3162
Mécanique Analytique, 2308
Mège Mouriés, **1966**
Meissner, W., **2944**

Meister, Joseph, **2653**
Meitner, Lise, **1348**
Melancolia, **103**
Mendel, Gregor Johann, **480**, **1278**, **1458**, 1464, **1574**
Mendeleiev, Dmitriy, **260**, **710**, 748, **1106**, **1804**, 1854, 2562, **2951**, 3336
Menelao, 1487, 3181
Menes, 2522
Mercalli, 3059
Mercator, **1943**
Mercator, Gerardo, 638, **641**
Mercator, Nicolas, 1867
Mercedes Benz, 1937, 378
Mercer, John, **149**
Mercurio (planeta), 315, **316**
Mercury, 312
Mergenthaler, O., **1837**
Meroka, 549
Merton, 696
Mesarovic, 2899
Mesmer, Franz Anton, **1610**, **2035**
Messerschmitt, **410**
Messerschmitt BF 109, 649
Messerschmitt ME-110, 647
Messerschmitt ME-323, **421**
Messiers, Charles, **642**
Meteosat, 2089
Meyer, I., **1106**
Michaux, 464
Michelson, Albert, **1745**, **1789**, **1888**, **2744**
Miguel Angel, **270**, 612, 768
Mikoyan Guverich MiG-25 "Foxbat A", **414**
Mili, Gjon, **1260**
Milne, Edward A., **107**
Milne, J., **2884**
Milstein, César, **1701**
Mill, Henry, **1948**
Miller, **3273**
Mindel, 1500
Ming, 746
Minkowski, Hermann, 1489, **2018**, 3033
Mirage, 57
Mirage IV, 519
Mirage 2000, **646**
Mirifici Logarithmorum Canonis Constructio, 1866
Mirifici Logarithmorum Canonis Descriptio, 1866
MIRV (multiple indepently-targetable re-entry vehicle), **265**
Moctezuma, 922
Módulo de Excursión Lunar (LEM), 313
Moebius, August Ferdinand, 448
Moebius Strip II, **918**
Moeller, 985
Mohamed Ali, 500
Mohamed ben Musa, **142**
Mohorovičić, Andrija, **854**, **1495**, **1938**
Mohr, Christian, 3294
Mohs, 1456
Molière, 1262
Monadologie, la 197
Monge, 1487
Monod, Jacques, **1459**
Monsander, C. C., 1804
Monte Palomar, 301
Monteverde, Giulio, **1606**
Montgolfier (hermanos), **1514**
Monturiol, Narciso, **2934**
Moog, Robert, **1735**
Morgan, Augustus de, **1872**, 1984
Morgan, W. W., **1204**
Morgenstern, Oscar, **3028**
Morley, E. W., **1789**, **1888**, **2744**
Morse, Samuel F. B., 2088, 2313, 3002, 3013
Morton, William Thomas, **206**, 727
Moskva, 893
MRCA Tornado, 392

Muerte y el Demonio, la **103**
Müller de Koenigsberg, Johann, 3181
Müller, Paul, **815**, 930, 1449, 1466, 2630
Murchison, Adam, 600, **2342**
Murray, código, 3012
Murray, J. E., **3164**
Museo Atómico Nacional de Alburquerque, 264
Museo Británico de Londres, 463
Museo de Arte Moderno de Nueva York, 991
Myr, Einar, **59**

N

Nagasaki, 508
Napier, John, **1867**, 3181
Napoleón I, 1541, 2308, 2852
Napoleón III, 1850
Napoleón visita a los apesados de Saffa, 2459
NASA, 450, 938, 1027
Nathans, **1700**
National Geographic Society, 643
Nefertiti, **862**
Nei Ching o Canon de Medicina Interna, 2035
Nelson, Horacio, 547, 2134
Nemo, **1705**
Neper, 2596
Nerón, 1350, 1826, 2854
Nersnt, **1692**
Nerst, 3042
Neuberg, **496**
New York Yacht Club, 1110
Newcombe, 3070
Newcomen, Thomas, **1950**
Newhouse, Sewall, 3134
Newlands, John, **2950**
Newton, Isaac, 194, **196**, **253**, **259**, **300**, **310**, **319**, **410**, **438**, 697, 768, **776**, 784, 788, 824, 950, 999, **1000**, 1009, 1055, 1056, 1195, 1204, **1208**, **1222**, 1224, 1256, **1326**, **1408**, **1410**, **1414**, 1430, **1468**, 1487, **1524**, **1738**, **1788**, **1867**, 1964, **1976**, **1983**, **2012**, **2018**, 2194, 2302, 2648, **2500**, 2549, **2584**, 2696, **2736**, 2742, **2860**, **2894**, 3009, 3068, 3070, 3269, 3306
Neyman, 828, **1234**
Nicol, 1891
Nicolás II, 1566
Nicolson, G. L., **652**
Nicomedes, **919**
Nicot, Jean, **2948**
Nicholson, William, **1090**, **1871**
Niels Henrik Abel, **1057**
Niepce, Joseph Nicéphore, 1376
Nietzsche, F., 1565
Nikodym, 1984
Niña (carabela), **2218**
Nistri, **267**
Nitschke, 3162
Nobel, Alfred, **1284**
Nobile, U., 1516
Noether, 1984
Nord Griffon 02, **1225**
Nordenfelt, **2934**
Norge, 1516
North American F-86 "Sabre", **414**
North American P-51 "Mustang", 649
North American P-51 D "Mustang", **414**

North American XB-70 "Valkyrie", **422**
Northwestern University, 112
Norton "Oldmiracle", **2179**
Notre Dame de Paris, 1376
Nova stereometria doliorum vinariorum, **259**
Nuchess, **112**
Nuevo Catálogo General de las Nebulosas, 642
Nurmia, 3162

O

OACI (Organización Internacional de Aviación Civil), **62**
Oasis, expedición, **484**
Oberth, Hermann, **2285**
Obrig, Theodore, **1828**
Observatorio Astrofísico Smithsonian, 782
Observatorio Copérnico, **2285**
Occam, G. de, 1873
Oceanic, 552
Ochoa, Severo, 2879
Ochsenfeld, R., **2944**
Odisea, la 2271
Oersted, Hans Christian, **170**, 504, **1094**, **1908**
Oganessian, 3162
Ogino-Knaus, 832
O'Hara (aeropuerto), **63**
Ohm, George Simon, **712**, **1079**
Olbers, Heinrich, **298**
Old Faithful, 1454
Oldham, **1938**
Ole Evinrude, **2190**
Olsen, Harry, **1735**, **2880**
On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem, 151
O'Neill, **1690**
Onnes, Heike Kamerlingh, **261**
ONU, 72, 183
Oort, J. H., 784
Oparin, A. I., **2002**, 3079, **3273**
OPEP, 1134
Opo, 936
Oppenheimer, J. R., **107**, 1788
Orbiter, **314**
Oresme, **196**, **777**, 916, 1415, **1480**, 1487, 1983, 2736
Orfila, Mateo José, 3122
Organon der rationellen Heilkunde (Medicina racional), 1634
Ortega, 3107
Osara, Kentaro, **1249**
Ostwald, Wilhelm, **2196**
Otho, 1866
Otis, Arthur S., **752**
Otis Elevator Company, 1184
Otto, G., 905
Otto, Nikolaus August, **2181**, **2182**, **2184**
Oughtred, William, **1871**
Owen, Richard, **2392**

P

P-38 Lightning, **646**
P-51 "Mustang", 396

Pacioli, Luca, 2272, **2586**
Palas (asteroide), **298**
Palladio, Andrea, 3294
Panavia "Tornado" ADV, **414**
Panavia "Tornado" TDS, **516**
Pangeometria, 1489
Panhard, **378**
Panteón (Roma), **534**
Papanicolaou, 1499, 2044
Papin, Denis, **2300**
Papiro Rhind, **262**
Pappus, 1487
Paradoxien des Unendlichen (Paradojas del Infinito), 1683
Pareto, 2309
Parkes, A., **2516**
Parménides, 826, 2850
Parsons, Charles A., **552**, **3199**
Parsons, Talcott, **238**
Pascal, Blaise, 9, 452, 777, **1217**, 1483, 1487, **1588**, **1789**, **1983**, 1987, **2586**
Pascheu, 2023
Pasión, la **103**
Pasteur, Louis, **230**, **437**, 481, 650, 729, **1231**, 1276, 1300, 1302, 1755, **2032**, **2412**, **2653**, **3234**, **3265**, 3298
Pateras Pescara, Raúl, 1560
Patiño, Simón, **2126**
Paul, Les, **1737**
Pauli, Wolfgang, **2022**, **2244**
Pauling, Linus, **488**, **1089**, **2154**
Pavlov, Ivan, **242**, **2718**
Peano, Giuseppe, 800, **827**, **2275**, 1872, **1984**, 2090, 2741, 3107
Pearson, 828, **1234**
Peckering, William, **1920**
Pegasus, **548**
Peirce, 1872
Peltier, Jean Charles, 3044
Pelton, 3200
Penzias, A., **3220**
Peral, Isaac, **2934**
Perier, 452
Perkin, William, 772, **2646**
Perrin, François, **1362**
Perrin, Jean, 338, 2197
Pershing II, **264**
Persistencia de la visión y su relación con el movimiento, 706
Persons, Charles, **2220**
Perutz, Max, **2154**
Pettenkofer, 158
Peugeot 1894, 351
Peyer, 3081
Phillips, William, **621**
Philosophiae Naturalis Principia Mathematica (Principios Matemáticos de Filosofía Natural), 106, 2194
Philosophical Transactions, 1867
Phipps, James, **3234**
Piaget, **1263**, 3107
Piazzi, Giuseppe, **298**
Picasso, **103**, 990
Piccard, Auguste, **482**
Pickering, E. C., **1204**
Pilbeam, D. **1281**
Pink Floyd, 1229, 2881
Pioneer, 316, 2922
Pioneer 10, 1783, 2231
Pioneer 11, 1069, 1783
Piper Club, 399
Pisa, Leonardo de, 8, 150, **1059**, **2887**
Pitágoras, **150**, **1182**, 1193, 1194, **1198**, 1486, **1788**, 1868, **1982**, **2046**, 2272, 2548, 3180
Pitiscus, 1866
Plaiffenberger, C., **2443**
Plancit, M., **584**
Planck, Max, 826, **910**, 1464, **2020**, **2658**, **3024**, 3042
Planté, Gaston, 40

Platón, 1486, 1682, **1985**, 2272, 2549, 2676, 3107
 Plinio el Joven, 3320
 Plinio el Viejo, **530**
 Plücker, 1202
 Pohl, **2198**
 Poincaré, Henri, **1218**, 1488, **1984**, 3106, 3221
 Poinot, **2546**
 Poisson, 2586
 Polibio, **476**
Político, **346**
 Pollaiuolo, 863
 Pollini, Gino, 990
 Poncetlet, 1488
 Ponnampuruma, 3273
Pont du Gard, **251**
 Pont, Lamot du, **2557**
 Pontryagin, **2308**
 Popper, Karl R., **696**
 Poque, William R., 2901
 Porto Torres, 955
 Porzolt, Eugene, **1372**
 Posniak, R., 3329
 Post, 1872
 Pott, Percival, **2838**
 Pound, Ezra, 1093
 Pousin, Vallée, 3032
 Powers, 393
 Premark, **1269**
 Priestley, Joseph, **184**, 780, **2376**
 Príncipe de Asturias, 893
Principia, 438, 1524
Principia Mathematica, 801, 1872, 1986
 Proclo, **256**, 1486, 3180
Programa de Erlangen, 1487, 1532
 Progress, 314
Proyecto Apolo, 1880
 Prukinje, 628, 685
 Ptolomeo, **864**, 2433, 3074, 3102, 3181

Q

Quetzalcoatl, 922
Quijote, el, 1146

R

Radon, 1984
Rainbird Reference Books, 54
Rainbow, 551
 Raleigh, Walter, **291**
 Ramanujan, 3033
 Ramazzini, Bernardo, **1176**, **2040**
 Ramsay, W., **260**, 1449
 Ramsés II, 686
 Ranganathan, 463
 Ranger (sonda), **314**, **2920**
 Rankine, W. M. J., 581, **2572**
 Ranvier, **1036**
 Raub-Wirtschaft, 77
 Ravizza, Giuseppe, **1948**
 Rayleigh, **260**
 Reagan, 422
 Réaumur, **3021**
 Reber, Grote, **304**, **2670**
Red Ball Express, 420
 Reinach, Salomón, 266
 Reinmuth, Karl Wilhelm, **299**
 Reisch, Gregorius, **150**
 Rembrandt, **103**
 Remington, 1948

Remson, Ira, 2906
 Renault 1899, 351
 Reno, Jesse, **709**, **1184**
 Renoir, **103**
Republic P-47 "Thunderbolt", 649
 Retzius, 240
 Revelle, Roger, **52**, 53
Revenge, **547**
 Reynaud, Emile, **210**
 Reynold, Milton, **506**
 Reynolds, 3035
 Reticus, Georg Joachim, **1866**
 Ricardo Corazón de León, **446**
 Ricatti, 2897
 Ricci, **1984**
 Richard, **801**
 Richet, **1757**
 Richter, C. F., **3059**
 Richter, J. W., **1090**
 Ridolini, **213**
 Riemann, Georg, 196, 824, **952**, 1192, 1193, **1485**, 1487, **1739**, 1983, **2018**, 2748, 3032, 3106
 Riesz, 1984
 Rinio, Benedetto, 1570
 Riss, 1500
 Ritter, August, 3294
 Ritz, 2023
 Río, Andrés Manuel del, **3236**
 Robinson, **197**
 Rockefeller, John D., 1635
 Rocket (locomotora), **1865**
Rockwell B-1, 393, **518**
Rockwell GBU-15 "Hobos", **513**
Rockwell International B-1, **392**
 Rodgers, D. A., 3120
 Rodin, 2069
 Roeder, K. D., **1267**
 Roemer, Ole, **1047**
 Roentgen, William Conrad, **2686**, **2692**, 3100
 Rogallo, Francis, 938
 Rogers, Calvin Galbraith, **394**
 Roget, Peter Mark, **706**
 Rogoff, 859
 Romagnosi, Gian Doménico, **1095**
 Rorschach, 3061
 Rotando, 680
 Rothman, C. M., **2346**
 Rouault, 103
 Rouché, 1060, **2009**
 Rouelle, F., **2810**
 Royal Cork Yacht Club, 1110
 Royal Society, 554
 Royal Squadron a Cowes, 1110
 Röentgen, William K., 1754, **1791**
 Röntgen, Wilhelm, **2033**
 Rubbia, Carlo, **1338**
 Rubner, **158**
 Ruska, 478
 Ruskin, John, **2040**
 Russei Wallace, Alfred, **1972**
 Russell, Henry Norris, **982**
 Russell, Bertrand, **146**, **801**, 1872, **1985**, 2275
 Rutherford, Daniel, **2252**
 Rutherford, Ernest, **336**, **812**, 814, 1106, 1596, **2262**, **2701**
 Ryan "Spirit of Saint Louis", 396
 Rydberg, Robert, **335**

S

Sacceri, 1488
 Saco, Luigi, **2031**

Sadi Carnot, Nicolas
 Léonard, **2184**
 Saenredam, Pieter Janz, 988
 Safo, 912
 Sainte-Claire Deville, M. E., **170**
 Sainte-Croix, Gaudin de, 3122
 Salyut, 313
 Salyut 6, 314
 Samos, Aristarco de, **2016**
San Jerónimo, **103**
 San Pedro (cúpula), 270
 San Simone Piccolo (Venecia), iglesia de, **751**
 San Vicente, Gregorio de, **1867**
 Sanger, **1700**
 Santa Elena, volcán de, **66**
Santa Sofia (Estambul), 534
 Sanz de Sautuola, Marcelino, **266**
 Sarasa, A. A. de, **1867**
 Sarich, Vicent M., **1280**
 Sarrett, 859
 Saturno (planeta), 315, **317**
 Saturno-Apolo, 314
Saturno V, **173**, 311, 312, 759
 Saunders-Roe, 396
 Saussure, Ferdinand de, **1825**
 Savage, criterio de, **3031**
 Savery, Thomas, **1950**
 Savoia-Marchetti SM-82, **421**
 Savonius, 1147
 Savot, Louis, 921
 Sclater, Philip L., **220**
 Scott, J. Paul, **2443**
 Scheele, Karl Wilhelm, **184**, K. W., **889**, **2376**, 3336
 Schiaparelli, Giovanni V., **1971**, 2085
 Schick, 1000
 Schiedeberg, Oswald, **1293**
 Schleiden, Matthias, 650
 Schmidt, Maarten, **2632**
 Schmidt, Oskar, **2099**
 Schockley, William, 1099, 2846
 Schoenbein, **2382**
 Schrieffer, **2945**
 Schrödinger, Erwin, **2021**
 Schroeter, **1970**
 Schubert, 2473
 Schulze, O., 901
 Schumacher, 1682
 Schwann, Theodor, 650
 Schwart, Laurent, **197**, 1984
 Schwarz, Berthold, **2556**
 Seaborg, G. T., 2536
 Seasat, 2996
 Secchi, **304**, **982**
 Sedgwick, Adam, **600**
 Seebeck, T. J., 3044
 Seeberger, Charles, **1184**
 Sefström, Nils Gabriel, **3236**
 Segovia, Andrés, **1544**
 Seki Kowa, **1060**
 Selmi, Francesco, 3126
 Selye, 859
 Semmelweis, Ignacio, 729
Sencillo descubrimiento de la Revelación total de San Juan, 1867
 Senefelder, Aloys, **1666**
 Seveso, 816
 Seyfert, Carl, **2634**
 Shaffer, James P., 214
 Shakespeare, 1632, 2756
 Shannon, Claude, **1688**, 2897
Shenandoah, 1516
 Shenton, **1927**
 Shepard, Alan, 311
 Shockley, William, **719**
 Shoenheimer, **1346**
 Short Sunderland, 396
 Shuttle (transbordador espacial), 313
 Sidewinder AIM-9L, 392
 Siemens, Werner, **1095**
 Siemens, William, 20
 Sierpinski, 827
 Sikkeland, 3162
 Sikorsky, Igor, **396**, **1560**

Sikorsky S-61 L, 1562
 Silvestre II, 262
 Silvio, 680
 Simon, 752
 Simpson, Young, 727
 Singer, Isaac N., 796, **1944**
 Singer, S. J., **652**
 Skinner, **243**
Skylab, 306, 313, 315, 882, 2282
 Smith, **1700**
 Smith, Adam, **346**
 Smith, D. E., **777**
 Smith & Wesson, 2488
 Smithsonian Astrophysical Observatory, 643, 785
 Smorodintjev, 2404
 Snel, Willibrord, **2584**
 Snow, John, 764
Sobre el corazón, **2031**
Sobre el origen de las especies, 476
Sobre el origen de los animales, 476
Sobre las partes de los animales, 476
 Solans de Cabras, 99
 Solnhofen, 254
 Solomon Guggenheim Museum de Nueva York, **271**
 Solvay, Ernest, **184**
 Sommering, 680
 Sopwith Camel, 56, 396
Sopwith "Tabloid", 646
 Sorano de Efeso, **2026**
 Sörensen, **2470**
 Southwark-Vauxhall, 764
 Soyuz, 313
 Soyuz 6, 314
 Soyuz 35, 315
Space Shuttle, **315**, 404, **420**, 761, 2283, 3140
Space Telescope, 3009
Spacelab, 309, 3140
Spad XIII, **414**
 Spallanzani, Lazzaro, 1276
Sparrow AIM-7F, 392
 Spassky, Boris, **112**
 Spengler, **194**, 2897
 Sperry, Elmer, **545**, **2482**
 Spiegel, 1603
Spinning Jenny, 1609
 Spinoza, 777
 Spirit of Saint Louis, 423
Spitfire, 57, 646
Sputnik 1, **310**, 311, **312**, 760
 Stahl, Georg Ernst, **2648**
 Starr, 2348
 Starzl, E. Thomas, **1756**
 Staudt, 3106
Stealth, 519
 Steenbecks, 2167
 Stefan, J., **910**
 Steinert, **1033**
 Steno, **1941**
 Stephenson, George, **1304**, **1862**
Sternkirche, **536**
 Stevens, **1984**
 Stevens, John, **2220**
 Stewart, 859
 Stifel, Michael, **777**, **1866**
 Stigler, 2594
 Stilling, 2041
 Stokes, George, **1354**
 Stradano, J., **1788**
Stridsvagen S 107, 637
 Strong, Herbert M., **987**
 Stuka, 392
 Suess, Eduard, 946, 1495
 Summer, **496**
 Sundback, Gideon, **870**
 Super Sixty DC-8, **420**
Superphenix, 668
Surveyor, **314**, 2922
Surveyor 1, 312
Surveyor 3, 312, 314
 Sushruta, 2035
 Sveda, Michael, 2806
 Sydenham, Thomas, **1322**
Synclavier, **1737**
Systema Naturae, 530

T

Takaki, **153**
 Talbot, William Henry Fox, 1376
 Tales de Mileto, **78**, **1331**, 1486, 1982, **3180**
 Tárrega, Francisco, **1544**
 Tarski, 1872
 Tartaglia, **777**, 1057, 1983
Task Forces, 892
Tauromaquia, la, **103**
 Taylor, Brook, 952, 1868, **2850**
 Taylor, F. W., **1176**, **2168**
 Tchaikowski, 2473
 Tchebichev, **1984**, 2586, 3032
 Teeteto, **2549**
 Téllez, 1788
Templo Wat Freimitt, 2361
 Teofrasto, **529**
Teoría General de la Relatividad, 106
Teoría y construcción de un motor térmico racional, 2184
 Tereschkova, Valentina, **306**
 Terman, Lewis, **752**
Termas de Caracalla, **1613**, **1726**
 Tesla, Nicola, **1081**
Text-book of Euclid's Elements, 1984
TGV (Train Grande Vitesse), **1864**
 Thales de Mileto, 1194
The Henry Draper Catalogue, **1204**
The Henry Draper Extension, **1204**
The Mathematical Analysis of Logic, **146**, 1872
The Observatory Magazine, 106
The Principles of Mathematics, 801, 1986
The Principles of Scientific Management (Principios de la organización científica), 2168
The World of Model Aircraft, 54
 Théâtre Optique, **210**
 Thenard, Louis Jacques, **522**
Théorie analytique de la chaleur, 824
 Theremin, Leon, **1735**
 Thimonnier, Barthélemy, 796, **1944**
 Thiout, 3117
 Thom, 2898
 Thomas, 1312
 Thompson, Benjamin, **582**, 3120
 Thomson, Joseph John, **336**, **1334**, **3186**
 Thomson, William, 3045
 Thornycroft, Vosper, **1654**
 Thue, Axel, **3033**
Ticonderoga, 893
 Tifeo, 3318
 Tilghman, B. C., **1946**
Tin Lizzie, **351**
 Tinbergen, Niko, **1267**
 TIROS (Satélite Televisivo y Observatorio de Infrarrojos), 315
 Tischler, 1498
 Tiselius, Arne, **1088**
 Tishler, 859
 Titanic, 2933
 Titius, J. K., **298**
 Tolomeo, **640**, **642**, **804**, 1296, 3254
 Tombaugh, Clyde W., **2535**
 Tood, Sweeney, 994
 Tornado, 417, 3332
 Torres, Antonio, **1544**

V

Torricelli, Evangelista, 196, 452, **2086**, **2577**, 3048, 3231
 Tour, Charles Cagniard de la, **2882**
 Toussaint-Horoult, P. L., 170
 Toynbée, 2897
Traité élémentaire de Chimie, 1104
Trasvase Tajo-Segura, 605
 Trautwien, Friederich, **1735**
 Travers, M. W., 1449
 Tretjakov, 3162
 Trevithick, R., **1304**
Triestre, 554
 Trimotor Ford, 57
Triumph Grand Prix, 2179
 Trivers, Robert L., **2902**
 Trowbridge, John, **1326**
 Truly, Richard, 2478
 Tsai-Lun, **2402**
 Tsiolkovsky, Konstantin, 760
 Tsutomu Seki, 324
 Tswett, Michele, **884**
 Tubal Cain, 704
 Tucker, 2594
Tupolev T-20, 518
Tupolev TB-3, **516**
Tupolev TU-26 Backfire, 518
Tupolev TU-144, 422
Turbinia, **548**
 Turing, Alan M., **151**, **1742**, 1872
 Turing, Sara, **151**
 Turner, 1156
 Twain, Mark, **1948**

Vail, 3002
 Valerio, Costanzo, **682**
 Vallisneri, A., **2030**
 Van Allen, James, 330, **1762**, **1920**
 Van Boesburg, Theo, 990
 Van der Hulst, H. C., 2674
 Van der Waals, 2148
 Van der Waerden, 1984
 Van Depoele, Charles, **1308**
 Van Eyck, Jan, 1062
 Van Giffen, 268
 Van Helmont, J. B., **1998**, **2810**
 Van Leeuwenhoek, Anton, **479**
 Van Schooten, **2586**
 Van Vechten Riesberg, **506**
 Van Woerden, 785
 Vanguard I, **310**
 Vant Hoff, **1231**, 1762
 Varèse, Edgard, **1734**
 Vater, 1127
Vaterland, **552**
 Vaucanson, A. E., 2990
 Vauquelin, N. L., **889**, **2070**
Venera, **316**
 Venn-Euler, 1873
 Venturi, Giovanni Battista, **511**, **1073**
 Venus (planeta), 312, 315, 316
Venus-10, 1180
Venus de Willendorf, 1564
 Vergeltungswaffe, 311
 Vermeer, 768
 Verneuil, August, **1363**
 Vesalio, Andrea, 478, **1614**, **2028**
 Vesta (asteroide), **298**
 Vickers Valentia, 56
 Victoria and Albert Museum, 562
 Victoria de Inglaterra, 1566
Victory, **547**
 Vichy Celestins, 99
 Vinci, Leonardo da, **482**, 768, 938, 988, 1367, 1488, 1563, **1609**, 1948, **2028**, **2406**, **2447**, 3328
Vidriera de la Catedral de Carcassone, 1885
 Viète, **142**, 1057, **1481**, **1530**, **1983**, 3181
 Viking (sonda), 317, 2922
Viking 1, 1069, 1181
Viking 2, 1069

Vinogradov, 3033
 Virchow, Rudolf, 240, **650**, 1755
 Vischer, Alfred, **2300**
Vittorio Veneto, 893
 Vlacq, Adrian, **1867**
 Voigtländer, 1376
 Volta, Alessandro, **1080**, **1102**, **2082**, **2373**
 Voltaire, 1710, **3235**
 Volterra, **1984**
 Von Behring, Emil, **137**, **1000**
 Von Bertalanffy, 1759, 1760
 Von Braun, Wernher, 311, 760, **1920**, **2135**
 Von Fraunhofer, Joseph, **300**, **999**
 Von Humboldt, Alexander, **3240**
 Von Laue, Max, 1342
 Von Leeuwenhoek, Anton, **2110**
 Von Liebermeister, Carl, **1322**
 Von Liebig, Justus, **159**, **1365**
 Von Mises, 2589
 Von Neumann, John, 151, 801, 1196, **1759**, 1872, 1984, **2309**, 2594, **3028**
 Von Nipkow, Paul, 3014
 Von Pirquet, **137**
 Von Sachs, Julius, 1392
 Von Siemens, Werner, **1308**
 Von Voit, Carl, **155**, 158
 Von Waldeyer-Hartz, Wilhelm, **890**
 Von Weiszaecker, **2263**
 Von Welsbach, **1118**
 Von Zach, Franz Xaver, **298**
 Von Zeppelin, Ferdinand, **1516**
 Voronoi, 3033
Vostok 1, 311, **312**
Voyager (sonda), 317, **1326**, **2195**, 2922
Voyager 1, 1069, 1783
Voyager 2, 1069, 1783
 Vries, Williams de, 2349
Vulcan, 519
 Vulcano (dios), 3318

W

Wac Corporal, 311
 Wald, **3030**

Walden, Arthur Treadwell, 2443
 Wallace, Alfred Russell, **220**, **1270**, **1278**
 Wallis, **196**, 837
 Wankel, 1451, **2181**
Was sind und was sollen die Zahlen (Qué son y qué significan los números), 1683
 Washington, 1495
 Washington, G., 170
 Water Club de Cork, 1110
 Waterman, L. E., **2532**
 Watson, James D., **486**, **499**, 966, **1465**, **1700**, 2878
 Watt, James, 692, **1136**, **1411**, **1950**
 Weaver, 2897
 Weber, J., **2747**
 Webster, Daniel, 1635
 Wegener, Alfred, 946, 2976
 Wegwood, Thomas, 1376
 Weierstrass, 196, **574**, **800**, 1196, 1415, 1984
 Weil, 801, **1263**
 Weitz, Paul J., 2901
 Welsbach, **1692**
Wellington, 646
 Wells, Horace, **994**, 1970
 Wendler, 859
 Wentorf, Robert, **987**
 Wernicke, 684
 Westinghouse, George, **1307**
 Wheatstone, Charles, **2192**, 3002
 Wheeler, John A., **107**, 268
 Whewell, William, **696**
 Whipple, Fred, 782
 Whipple, Squire, 3294
 Whistler, **153**
 Whitehead, Robert, 801, 1872, **1986**, 3118
 Whitney, Eli, **148**
 Whittaker, E. T., **2019**
 Whittle, Frank, **410**
 Wiechert, E., **2884**
 Wien, W., **910**
 Wiener, Alexander S., **2776**
 Wiener, Norbert, **348**, **692**, 1759, 2897
 Wilson, Allan C., **1280**
 Wilson, C. T. R., **591**, **592**
 Wilson, F. O., **2902**
 Wilson, R., **3220**
 Williams, George, **1503**
 Williams, Guy R., 54
 Willis, 682
 Winchester, **1420**
 Wirsung, 1005
 Witt, G., **299**
 Wittgenstein, 1872, 2589

Wöhler, Friedrich, **496**, **2648**
 Wolff, 1156, 1466
 Wollaston, W. H., 2384
 Wood, **2884**, 3207
 Woodward, R. B., **742**
 World Trade Center, 170
Wright Flyer, **55**, **56**, 402
 Wright, Frank Lloyd, **271**, **1638**
 Wright, hermanos, **406**, **2494**, 2558, 3192, **3326**, 3330
 Wright, Orville, **55**, **56**, **58**, **60**, **118**, **394**
 Wright, Sewall, 1270
 Wright, Wilbur, **55**, **56**, **58**, **60**, **118**, **394**
 Würm, 1500

Y

Yale, Linus, 562, **1893**
 Yate América, **1110**
 Yavé, 724
 Yeager, Charles "Chuck", **422**
 Young, Thomas, 1378, **1745**, **1886**, **2293**, 3310

Z

Zadeh, 2898
 Zama, 705
 Zédé, Gustave, **2934**
 Zenker, 1616
 Zenón de Elea, 824, **826**, **1682**, **2850**
Zeppelin, 646, **1514**
 Zermelo, 1872, 1984, 2741, 827
 Zinofsky, O., **2153**
 Zorn, 1872
 Zuccarelli, Hugo, **1229**
 Zwicky, Fritz, **2634**
 Zworykin, V. K., **3015**

U

Uccello, Paolo, 989
Ultima Cena, la, 988, 2447
 Ulloa, Antonio de, 2384, **2526**
 United Airlines, 57
Universal Transversa Mercator, **641**
 Universidad de Cambridge, 106
 Universidad de Stanford, 19
 Universidad de Yale, 463
 Upatnieks, J., **1626**
 Urano (Planeta), 317
 Ure, Andrew, 3052
 Urey, Harold C., 100, 3079, **3273**
 USAF, 422
 Ussachevsky, **2880**

- A**bacho, 8
Abeja, 10
Acelerador de partículas, 14
Acelerador lineal, 18
Acero, 20
Ácidos y bases, 26
Acondicionador de aire, 32
Acuario, 34
Acuicultura, 36
Acumulador, 40
Acústica, 44
Adhesivos, 50
Adolescencia, 52
Aerodinámica y aeronáutica, 54
Aeromodelismo, 58
Aeropuerto, 60
Aerosol, 66
Agricultura, 68
Agua, 78
Agua, ciclo del, 82
Agua, depuración, 86
Agua, potabilización del, 94
Agua mineral, 98
Agua pesada, 100
Agua fuerte y grabado, 102
Aguas subterráneas, 104
Agujero negro, 106
Aislantes térmicos, 110
Ajedrez, 112
Ala de animal, 116
Ala de avión, 118
Alarma y sistemas de seguridad, 120
Albufera, 122
Alcaloides, 126
Alcohol, consumo de, 128
Alcoholes, 130
Aldehídos y cetonas, 132
Aleación, 134
Alergia, 136
Algas, 138
Álgebra, 142
Álgebra de Boole, 146
Algodón, 148
Algoritmo, 150
Alimentación, carencias, 152
Alimentación y nutrición, 154
Alimentos, 158
Alimentos, aditivos y conservantes, 162
Alimentos, temperatura de conservación, 164
Alta fidelidad, 166
Altavoz, 168
Aluminio, 170
Ambulancia, 174
Ametralladora, 176
Aminas y amidas, 178
Aminoácidos, 180
Amoniaco, 184
Amortiguador, 186
Analgésicos, 188
Análisis clínico, 190
Análisis matemático, 194
Análisis químico, 198
Ancla y anclaje, 204
Anestesia, 206
Anillo bencénico, 208
Animación cinematográfica, 210
Animación cinematográfica por ordenador, 214
Animal, 216
Animales, distribución geográfica, 220
Animales en peligro de extinción, 224
Antena, 228
Antibióticos, 230
Anticuerpos, 234
Antimateria, 236
Antropología cultural, 238
Antropología física, 240
Aprendizaje animal, 242
Árbol, 246

Arco, arma, 248
 Arco, arquitectura, 250
 Arco iris, 252
 Archaeopteryx, 254
 Area y volumen, 256
 Argón y helio, 260
 Aritmética, 262
 Armas nucleares, 264
 Arqueología, 266
 Arquitectura, 270
 Arrabio, 272
 Arrecifes coralinos, 274
 Arroz, 276
 Articulaciones óseas, 278
 Artritis y artrosis, 280
 Artrópodos, 282
 Asbesto, 286
 Ascensor, 288
 Asfalto, 290
 Asiento lanzable, 292
 Aspiradora, 294
 Aspirina, 296
 Asteroide, 298
 Astrofísica, 300
 Astronauta, 306
 Astronáutica, 310
 Astronomía, 318
 Astronomía
 para aficionados, 324
 Atmósfera, 328
 Atmósfera, evolución de la, 332
 Atomo, 334
 Audición, 340
 Audífono, 342
 Audiovisuales, medios, 344
 Automatización, 346
 Automóvil, 350
 Automóvil, carburación y sistemas
 de inyección, 456
 Automóvil, carrocería y
 suspensión, 358
 Automóvil, diferencial, 360
 Automóvil, dirección, 362
 Automóvil, embrague y caja de
 cambios, 364
 Automóvil, encendido del, 366
 Automóvil, freno, 368
 Automóvil, mantenimiento, 370
 Automóvil, neumáticos, 374
 Automóvil, seguridad, 376
 Automóvil de competición, 378
 Autopistas y carreteras, 380
 Aves, 384
 Aviación militar, 390
 Avión, 394

Avión, estructura y producción,
 398
 Avión, motor de, 402
 Avión, proyecto de, 406
 Avión a reacción, motor de, 410
 Avión de intercepción, 414
 Avión de transporte ligero y *STOL*,
 418
 Avión de transporte pesado, 420
 Avión supersónico, 422
 Aviónica, 424
 Azúcar, 430
 Azufre, 432

Bacterias, 434

Balanza, 438
 Balística, 442
 Ballena, 444
 Ballesta, 446
 Banda de Moebius y botella de
 Klein, 448
 Banco de datos, 450
 Barómetro, 452
 Batidora, 454
 Bazo, 456
 Bebidas no alcohólicas, 458
 Betatrón, 460
 Bibliotecología, 462
 Bicicleta, 464
 Binoculares, 466
 Bioelectricidad, 468
 Bioenergética, 470
 Biogás, 472
 Bioingeniería, 474
 Biología, 476
 Biología marina, 482
 Biología molecular, 486
 Bioluminiscencia, 490
 Biomasa, 492
 Bioquímica, 496
 Biorritmo, 500
 Biosfera, 502
 Bobina eléctrica, 504
 Bolígrafo, 506
 Bomba atómica, 508
 Bomba hidráulica, 510
 Bomba "inteligente", 512
 Bomba y mina, 514
 Bombardero, 516
 Bombilla, 520
 Boro, 522

Bosque, 524
 Botánica, 528
 Bóveda y cúpula, 534
 Bovino, ganado, 538
 Bromo y yodo, 540
 Brontosaurio, 542
 Brújula, 544
 Buque de guerra, 546
 Buque mercante, 550
 Buque oceanográfico, 554

Caballo, 556

Cable coaxial y guía de ondas, 558
 Café, 560
 Caja fuerte y cerraduras, 562
 Caja registradora, 564
 Cajero automático, 566
 Calcio, 568
 Calculadora de bolsillo, 570
 Cálculo numérico, 572
 Calefacción central, 576
 Calendario, 578
 Calentador de agua, 580
 Calor, 582
 Calor, transmisión del, 584
 Caloría, 586
 Calzado, industria del, 588
 Cámara de burbujas, 590
 Cámara de niebla, 592
 Cámara fotográfica, 594
 Cámara y proyector
 cinematográficos, 598
 Cámbrico, período, 600
 Campo magnético, 602
 Canal, 604
 Cáncer, 606
 Cantera, 612
 Cañón y munición, 614
 Carbón, 616
 Carbonífero, período, 620
 Carbono, 624
 Cardiología, 628
 Cargas de profundidad, 632
 Carpintería, 634
 Carros de combate, 636
 Cartas marinas, 638
 Cartografía, 640
 Cartografía celeste, 642
 Catálisis y catalizadores, 644
 Cazabombardero, 646

- Célula, 650
 Célula de Kerr, 656
 Célula fotoeléctrica, 658
 Cemento, 660
 Cenozoica, era, 662
 Central nuclear, 664
 Centrifugadora, 670
 Cerámica, 672
 Cerda, ganado de, 674
 Cereales, 676
 Cerebro, 680
 Cerveza, 686
 Cetáceos, 688
 Cibernética, 692
 Ciclón tropical, 694
 Ciencia y método científico, 696
 Cimientos, 700
 Cinc, 704
 Cinematografía, 706
 Cinta transportadora, 708
 Circonio, 710
 Circuito eléctrico, 712
 Circuito electrónico, 714
 Circuito impreso, 716
 Circuito integrado, 718
 Circuito lógico, 720
 Circulatorio, sistema, 722
 Circuncisión, 724
 Cirugía, 726
 Cirugía plástica, 732
 Clasificación postal automática, 734
 Clima, 736
 Climas del pasado, 738
 Cloro, 740
 Clorofila, 742
 Cloruro de polivinilo, 744
 Cobalto, 746
 Cobre, 748
 Cociente de inteligencia, 752
 Cocina y horno, 754
 Código de barras, 756
 Cohete espacial, 758
 Cojinetes, 762
 Cólera, 764
 Colesterol, 766
 Color, 768
 Colorantes, 772
 Combinatoria, 774
 Combustible nuclear, 778
 Combustión, 780
 Cometa, 782
 Compresor de gas, 786
 Concepción, 788
 Condensación, 790
 Condensadores y resistencias, 792
 Confección textil, 796
 Conjuntos, teoría de, 798
 Conservas domésticas, 802
 Constelaciones, 804
 Construcción, materiales de, 806
 Construcción, prefabricados, 808
 Contabilidad mecanizada, 810
 Contador de centelleo, 812
 Contador Geiger, 814
 Contaminación, 816
 Contestador automático, 820
 Continente, 822
 Continuidad, 824
 Continuo matemático, 826
 Contraste de hipótesis, 828
 Control de calidad, 830
 Control de natalidad, 832
 Control de procesos industriales, 834
 Convergencia, 836
 Corazón, 838
 Cordados, 840
 Cornamenta, 844
 Corrientes marinas, 846
 Corrimientos de tierras, 850
 Corrosión, 852
 Corteza terrestre, 854
 Cortisona, 858
 Cosechadora, 860
 Cosméticos, 862
 Cosmología, 864
 Costas, 868
 Cremallera, 870
 Cretácico, periodo, 872
 Criogenia, 874
 Criptografía, 878
 Cristales y Cristalografía, 880
 Cromatografía, 884
 Cromatografía de gases, 886
 Cromo y molibdeno, 888
 Cromosoma, 890
 Crucero, 892
 Crustáceos, 894
 Cuaternario, 896
 Cuentakilómetros y velocímetro, 900
 Cuero y curtido, 902
 Cuerpo humano, 906
 Cuerpo negro, 910
 Cúmulos estelares, 912
 Curvas y superficies, 916
 Chimenea, 920
 Chocolate, 922
Datación por carbono 14, 924
 Datos, base de, 926
 Datos, procesamiento de, 928
 DDT y otros plaguicidas, 930
 Defoliantes, 932
 Delfín, 934
 Delta, ala, 938
 Dentífrico, 940
 Depresión nerviosa, 942
 Deriva continental, 946
 Derivadas y diferenciales, 950
 Desalinización, 954
 Desertización, 956
 Desierto, 958
 Desinfectantes, 962
 Desodorante, 964
 Desoxirribonucleico y ribonucleico, ácidos, 966
 Destilación, 970
 Detector de mentiras, 972
 Detergente, 974
 Determinantes, 976
 Devónico, periodo, 978
 Diabetes, 980
 Diagrama de Hertzsprung-Russel, 982
 Diálisis, 984
 Diamante, 986
 Dibujo, 988
 Dibujo técnico, 992
 Dientes, higiene y cuidado, 994
 Difracción, 998
 Difteria, 1000
 Digestión, 1002
 Digestivo, aparato, 1004
 Digitalización, 1006
 Dilatación térmica, 1008
 Dinero, 1010
 Dinosaurios, 1012
 Diodo, 1016
 Diodo de emisión luminosa (LED), 1018
 Diodo láser, 1020
 Disco compacto, 1022
 Disco fonográfico, 1024
 Diseño con ordenador, 1026
 Disolventes, 1028
 Dispositivo analógico, 1030
 Distrofia muscular, 1032
 Disyuntor eléctrico, 1034
 Dolor, 1036
 Draga, 1038
 Drenaje, 1040

- E**banistería, 1042
 Eclipse, 1044
 Ecología, 1048
 Ecuaciones diferenciales, 1052
 Ecuaciones e identidades, 1056
 Ecuaciones en diferencias finitas, 1058
 Ecuaciones y sistemas lineales, 1060
 Edad adulta, 1062
 Edificios, construcción de, 1064
 Efecto Doppler, 1066
 Efecto honda, 1068
 Efecto invernadero, 1070
 Efecto Venturi, 1072
 Elasticidad y deformación, 1074
 Elastómeros, 1076
 Electricidad, 1078
 Electricidad, instrumentos de medida, 1082
 Electrocardiografía, 1084
 Electroencefalografía, 1086
 Electroforesis, 1088
 Electrólisis, 1090
 Electromagnetismo, 1092
 Electrónica, 1098
 Electroquímica, 1102
 Elementos químicos, 1104
 Embarazo, 1108
 Embarcaciones deportivas, 1110
 Embrión y embriología, 1114
 Encendedor, 1118
 Encuadernación, 1120
 Endocrino, sistema, 1122
 Endoscopia, 1126
 Energía, 1128
 Energía, ahorro de, 1134
 Energía, fuentes de, 1136
 Energía, recursos mundiales, 1140
 Energía eléctrica, producción, 1142
 Energía eólica, 1146
 Energía geotérmica, 1148
 Energía maremotriz, 1150
 Energía solar, 1152
 Enfermedad, 1154
 Enfermedades hereditarias, 1156
 Enfermedades infecciosas, 1158
 Enfermedades tropicales, 1160
 Enfermedades venéreas, 1162
 Engranaje, 1164
 Enlace químico y valencia, 1166
 Entropía, 1168
 Enzimas, 1170
 Equinodermos, 1172
 Ergonomía, 1176
 Erosión, 1178
 Escala musical, 1182
 Escalera mecánica, 1184
 Escáner, 1186
 Esclerosis múltiple, 1188
 Esmaltado, 1190
 Espacio euclídeo, 1192
 Espacio matemático, 1194
 Espacios métricos y topológicos, 1196
 Espacios vectoriales y afines, 1198
 Espectro, 1202
 Espectro estelar, 1204
 Espectrofotómetro, 1206
 Espectroscopia, 1208
 Espora y esporogénesis, 1210
 Esquí, 1214
 Estadística, 1216
 Estadística descriptiva, 1218
 Estaño, 1220
 Estática, 1222
 Estatorreactor, 1224
 Estepa y tundra, 1226
 Estereofonía, 1228
 Estereoquímica, 1230
 Estetoscopio, 1232
 Estimación estadística, 1234
 Estimulantes, 1236
 Estómago, 1238
 Estrella, 1240
 Estrella nova, 1246
 Estrella supernova, 1250
 Estrella variable, 1252
 Estrellas dobles, 1256
 Estroboscopio, 1260
 Estructura matemática, 1262
 Etileno y polietileno, 1264
 Etología, 1266
 Evolución, 1270
 Evolución animal, 1276
 Evolución humana, 1280
 Excavadora, 1282
 Explosivos, 1284
Fallas y pliegues, 1286
 Farmacéuticos, productos, 1288
 Farmacología, 1292
 Faro, 1296
 Fecundación e inseminación artificial, 1298
 Fenol, 1300
 Fermentación, 1302
 Ferrocarril, 1304
 Ferrocarril metropolitano y tranvía, 1308
 Fertilizantes, 1310
 Fibras ópticas, 1314
 Fibras y tejidos sintéticos, 1318
 Fichero de datos, 1320
 Fiebre, 1322
 Filtro y filtración, 1324
 Física, 1326
 Física de fluidos, 1332
 Física de partículas, 1334
 Física de sólidos, 1340
 Fisiología, 1344
 Fisión nuclear, 1348
 Flor, 1350
 Fluorescencia, 1354
 Forja, 1356
 Formas cuadráticas, cónicas y cuádricas, 1358
 Fosforescencia, 1362
 Fósforo, 1364
 Fósil y fosilización, 1366
 Fotocoagulación, 1370
 Fotocomposición, 1372
 Fotocopia y fotorreproducción, 1374
 Fotografía, 1376
 Fotográfica, iluminación, 1380
 Fotografía aérea, 1382
 Fotómetro y exposímetro, 1386
 Fotomultiplicador, 1388
 Fotoquímica, 1390
 Fotosíntesis, 1392
 Freón, 1396
 Fresadora, 1398
 Frigorífico y congelador, 1400
 Fruto y árboles frutales, 1402
 Fuegos artificiales, 1406
 Fuerza y campos de fuerzas, 1408
 Fuerzas centrífuga y centrípeta, 1410
 Función matemática, 1412
 Fundición y colada, 1416
 Funicular, 1418
 Fusil, 1420
 Fusión nuclear, 1422
Gafas, 1428
 Galaxia, 1430
 Galvanización, 1436
 Gallinas y aves de corral, 1438

Gas de hulla, 1440
 Gas natural, 1442
 Gases, 1444
 Gases licuados del petróleo, 1446
 Gases nobles, 1448
 Gasolina, 1450
 Gato, 1452
 Géiser, 1454
 Gemología, 1456
 Gen, 1458
 Generador de funciones, 1462
 Genética, 1464
 Genital, aparato, 1466
 Geodesia, 1468
 Geofísica, 1470
 Geoide, 1472
 Geología, 1474
 Geometría analítica, 1480
 Geometría diferencial, 1484
 Geometrias, 1486
 Geomorfología, 1490
 Geoquímica, 1494
 Cinecología, 1498
 Glaciaciones, 1500
 Glaciar, 1504
 Glándula, 1508
 Glándulas mamarias, 1510
 Glándulas suprarrenales, 1512
 Globos y dirigibles, 1514
 Glúcidos, 1518
 Glucógeno, 1522
 Gravedad y gravitación, 1524
 Gripe, 1526
 Grúas y aparatos elevadores, 1528
 Grupos, anillos y cuerpos, 1530
 Grutas y cavernas, 1534
 Guerra bacteriológica, 1540
 Guerra química, 1542
 Guitarra, 1544
 Gusano, 1546
 Gusto, sentido del, 1550

Halógenos, 1552
 Hambre, sensación de, 1556
 Hélice, 1558
 Helicóptero, 1560
 Hembra, 1564
 Hemofilia, 1566
 Hepatitis, 1568
 Herbario, 1570
 Herbicidas, 1572

Herencia, 1574
 Herpes, 1576
 Herramientas y
 máquinas-herramienta, 1578
 Hibernación, 1582
 Híbridos, 1584
 Hidráulica, 1586
 Hidroala, 1590
 Hidrocarburos, 1592
 Hidrocarburos sintéticos, 1594
 Hidrógeno, 1596
 Hidropónicos, cultivos, 1598
 Hierro, 1600
 Hígado, 1602
 Higiene, 1604
 Hilados, 1608
 Hipnosis, 1610
 Hipocausto, 1612
 Hipófisis, 1614
 Histología, 1616
 Hoja, 1620
 Holoceno, 1622
 Holografía, 1626
 Holografía acústica, 1628
 Hombre, 1630
 Homeopatía, 1634
 Hormiga, 1636
 Hormigón, 1638
 Hormonas, 1640
 Horno, 1646
 Horno de cerámica, 1648
 Hospital, 1650
Hovercraft, 1654
 Hueso, 1656
 Huevo, 1658

Iimpermeabilización, 1660
 Impresión, 1662
 Impresión en *offset*, 1666
 Impresora, 1668
 Incendios, lucha contra, 1670
 Inercia, 1674
 Infancia, 1676
 Infarto, 1678
 Infección, 1680
 Infinito matemático, 1682
 Información, 1684
 Información, recuperación de la, 1686
 Información, teoría de la, 1688
 Informática, 1690
 Infrarrojos, rayos, 1692

Ingeniería, 1696
 Ingeniería genética, 1700
 Ingeniería oceanográfica, 1704
 Injerto, 1706
 Injerto (medicina), 1708
 Inmunidad, 1710
 Insecticidas y otros plaguicidas, 1712
 Insectos, 1716
 Insectos, control biológico, 1720
 Insonorización, 1722
 Instalaciones eléctricas, 1724
 Instalaciones sanitarias, 1726
 Instrumentos musicales, 1730
 Instrumentos musicales eléctricos y electrónicos, 1734
 Integrales, 1738
 Inteligencia artificial, 1742
 Interferencia e interferometría, 1744
 Intestino, 1746
 Invernadero, 1748
 Invertebrados, 1750
 Investigación médica, 1754
 Investigación operativa, 1758
 Iones, 1762
 Ionización, cámara de, 1764
 Isótopos, 1766

Jabón, 1768
 Jaqueca, 1774
 Jardinería y horticultura, 1770
 Juegos electrónicos, 1776
Juke-box, 1778
 Junta universal, 1780
 Júpiter, 1782
 Jurásico, período, 1786

Laboratorio físico y químico, 1788
 Laboratorio fotográfico, 1794
 Lago, 1796
 Lámpara de arco, 1800
 Lana, 1802
 Lantánidos, 1804
 Lanzagranadas, 1806
 Láser, 1808
 Lavadora, 1816
 Lavavajillas, 1818
 Lector óptico (OCR), 1820
 Leguminosas, 1822

Lenguaje y lenguas, 1824
 Lente, 1826
 Lentes de contacto, 1828
 Levaduras, 1830
 Levantamiento topográfico, 1832
 Levantamiento topográfico con satélite, 1834
 Libro, 1836
 LIDAR (Láser de impulsos), 1838
 Limpieza en seco, máquina de, 1840
 Línea eléctrica de alta tensión, 1842
 Linfático, sistema, 1844
 Linterna, 1846
 Liofilización, 1848
 Lípidos, 1850
 Litio, 1854
 Litosfera, 1856
 Locomoción animal, 1860
 Locomotora, 1862
 Logaritmo y otras funciones elementales, 1866
 Lógica matemática, 1872
 LORAN, 1876
 Lubricantes, 1878
 Luna, 1880
 Luz, 1884
 Luz polarizada, 1890
 Llaves, fabricación de, 1892
 Lluvia, 1894
 Lluvia radiactiva, 1896

Macho, 1898
 Madera, 1900
 Madera contrachapada, 1904
 Magnesio, 1906
 Magnetismo, 1908
 Magnetófono, 1912
 Magnetohidrodinámica, 1914
 Magnetosfera, 1918
 Maíz, 1922
 Malaria, 1924
 Malformaciones congénitas, 1926
 Mamíferos, 1928
 Manganeseo, 1932
 Manta eléctrica, 1934
 Mantequilla, 1936
 Manto terrestre, 1938
 Mapa geológico, 1940
 Mapas y proyecciones, 1942
 Máquina de coser, 1944

Máquina de enarenar, 1946
 Máquina de escribir, 1948
 Máquina de vapor, 1950
 Maquinaria agrícola, 1952
 Mar, 1956
 Marcapasos, 1962
 Mareas, 1964
 Margarina, 1966
 Marsupiales, 1968
 Marte, 1970
 Martillo neumático, 1974
 Masa, 1976
 Masa crítica, 1978
 Máscara antigás, 1980
 Matemática, 1982
 Materia, 1988
 Materia, estados y cambios de estado, 1994
 Materia hiperdensa, 2000
 Materia viva, 2002
 Matrices, 2008
 Mecánica, 2012
 Mecánica celeste, 2016
 Mecánica cuántica, 2020
 Medicina, 2026
 Medicina alternativa, 2034
 Medicina deportiva, 2036
 Medicina interna, 2038
 Medicina laboral, 2040
 Medicina legal, 2042
 Medicina preventiva, 2044
 Medidas, 2046
 Memoria, 2048
 Menstruación, 2050
 Mercurio (elemento), 2052
 Mercurio (planeta), 2054
 Mesozoica, era, 2056
 Metabolismo, 2058
 Metales, 2062
 Metales, detector de, 2066
 Metales, trabajo de los, 2068
 Metales alcalinotérreos, 2070
 Metales nobles, 2072
 Metalocerámica, 2074
 Metalurgia, 2076
 Metamorfosis, 2080
 Metano, 2082
 Meteoritos, 2084
 Meteorología, instrumentos, 2086
 Meteorología, predicción, 2088
 Método axiomático, 2090
 Microanálisis, 2092
 Microfilme, 2094
 Micrófono, 2096

Micromanipulación, 2098
 Microondas, 2100
 Microondas, horno de, 2102
 Microordenador, 2104
 Microscopio, 2106
 Microscopio electrónico, 2110
 Miel, 2112
 Migraciones animales, 2114
 Mimetismo animal, 2118
 Mina naval, 2120
 Minerales, 2122
 Minería y técnicas mineras, 2126
 Miniaturización, 2130
 Miniordenador, 2132
 Misil, 2134
 Mobiliario, 2138
 Modelismo naval, 2140
 Modelo matemático, 2142
 Mohos, 2144
 Molécula, 2146
 Molécula compleja, 2152
 Moléculas espaciales, 2156
 Moluscos, 2158
 Monedas, acuñación, 2160
 Mononucleosis infecciosa, 2162
 Monorraíl, 2164
 Montaje cinematográfico, 2166
 Montaje en cadena, 2168
 Montaña, 2170
 Mortero, 2174
 Motocicleta, 2176
 Motor de combustión interna, 2180
 Motor de Otto, 2182
 Motor Diesel, 2184
 Motor eléctrico, 2188
 Motor fueraborda, 2190
 Motor lineal, 2192
 Movimiento, 2194
 Movimientos brownianos, 2196
 Movimientos ondulatorios, 2198
 Muelle portuario, 2200
 Muerte, 2202
 Muestreo estadístico, 2204
 Multiprocesamiento, 2206
 Músculo, 2208
 Mutación, 2210

Napalm, 2212
 Nariz y fosas nasales, 2214
 Natación, 2216
 Naval, construcción, 2218

Navegación, 2224
 Navegación inercial, 2226
 Navegación interplanetaria, 2230
 Nebulosa, 2232
 Neptuno, 2234
 Nervio, 2236
 Nervioso, sistema, 2238
 Neurosis y psicosis, 2242
 Neutrino, 2244
 Niebla, 2246
 Nieve, 2248
 Níquel, 2250
 Nitrógeno, 2252
 Nube y atlas de nubes, 2256
 Núcleo atómico, 2262
 Núcleo terrestre, 2268
 Nudo, 2270
 Números, 2272

Objetivo fotográfico, 2276
 Observatorio astronómico, 2278
 Observatorio espacial, 2282
 Oceanografía, 2286
 Ojo, 2292
 Olas, 2294
 Oleoducto, 2296
 Olfato, sentido del, 2298
 Olla a presión, 2300
 Óptica, 2302
 Optimización, 2306
 Optoelectrónica, 2310
 Ordenador, 2312
 Ordenador, arquitectura de un, 2316
 Ordenador, lenguajes de, 2318
 Ordenador, memoria de, 2326
 Ordenador, periféricos, 2328
 Ordenador, programas, 2332
 Ordenador, terminal de, 2336
 Ordenador, unidad central de proceso, 2338
 Ordenador personal, 2340
 Ordoviciense, período, 2342
 Organometálicos, compuestos, 2344
 Organos, banco de, 2346
 Organos artificiales, 2348
 Organos de fonación, 2354
 Orientación animal, sentido de la, 2356
 Oro, 2360
 Oscilador, 2362

Osciloscopio y oscilógrafo, 2364
 Osmosis, 2366
 Ovino, ganado, 2368
 OVNI (UFO), 2370
 Oxidación y reducción, 2372
 Óxidos, 2374
 Oxígeno, 2376
 Oxo, proceso, 2380
 Ozono, 2382

Paladio y rutenio, 2384
 Paleomagnetismo, 2386
 Paleontología, 2388
 Paleozoica, era, 2394
 Pan, 2396
 Páncreas, 2398
 Panel solar, 2400
 Papel, fabricación de, 2402
 Paperas, 2404
 Paracaídas, 2406
 Parásitos, 2408
 Parto, 2410
 Pasteurización, 2412
 Patata, 2414
 Peces, 2416
 Pediatría, 2420
 Peletería, 2422
 Pelo, 2424
 Percepción, 2426
 Perforación petrolífera, 2428
 Perfume, 2430
 Pergamino, 2432
 Periódico, 2434
 Permafrost, 2438
 Pérmico, período, 2440
 Perro, 2442
 Perspectiva, 2446
 PERT, 2448
 Pesca y piscicultura, 2450
 Peso atómico, 2456
 Peste, 2458
 Petrografía, 2460
 Petróleo, 2462
 Petroquímica, 2466
 pH, acidez y basicidad, 2470
 Piano, 2472
 Piedra, trabajo de la, 2474
 Piel, 2476
 Pila de combustible, 2478
 Pila galvánica, 2480
 Piloto automático, 2482

Pinturas y barnices, 2484
 Pistola, 2488
 Plancton, 2490
 Planeador, 2494
 Planetario, 2498
 Planetas, 2500
 Planta química, 2502
 Plantas, 2504
 Plantas, enfermedades, 2508
 Plantas forrajeras, 2512
 Plasma, 2514
 Plásticos, 2516
 Plata, 2522
 Plataforma continental, 2524
 Platino, 2526
 Playa, 2528
 Plomo, 2530
 Pluma estilográfica, 2532
 Plutón, 2534
 Plutonio, 2536
 Poda, 2538
 Polarografía, 2540
 Polaroid, cámara fotográfica, 2542
 Polea, 2544
 Polígonos y poliedros, 2546
 Polímeros, 2550
 Polímeros fluorados, 2554
 Pólvora, 2556
 Portaviones, 2558
 Potasio, 2562
 Pradera, 2564
 Precámbrica, era, 2566
 Prehomínidos, 2568
 Presas y embalses, 2572
 Presión, 2576
 Presión arterial, 2578
 Primates, 2580
 Primeros auxilios, 2582
 Prisma óptico, 2584
 Probabilidad, 2586
 Procesador de textos, 2590
 Programación matemática, 2592
 Progresiones, 2596
 Proteínas, 2598
 Protozoos, 2602
 Proyector de diapositivas, 2606
 Psiquiatría, 2608
 Puente, 2612
 Puerto de mar, 2616
 Pulmón, 2620
 Pulmón artificial, 2622
 Pulsar, 2624
 Punto, labor de, 2628

- Q**uark, 2630
 Quasar, 2632
 Quemaduras, 2636
 Quesera, industria, 2638
 Queso, 2640
 Química, 2642
 Química industrial, 2646
 Química orgánica, 2648
- R**abia, 2652
 Radar, 2654
 Radiación, 2658
 Radiactividad, 2660
 Radio, 2664
 Radio (elemento), 2668
 Radioastronomía, 2670
 Radiocomunicaciones, 2676
 Radiofaro, 2682
 Radioisótopos, 2684
 Radiología, 2686
 Raíz, 2688
 Rampa de lanzamiento, 2690
 Rayos X, 2692
 Rayos y pararrayos, 2696
 Razas humanas, 2698
 Reacción nuclear, 2700
 Reacción química, 2704
 Reanimación, 2708
 Reciclaje de desechos, 2710
 Rectificación y pulido, 2714
 Refino del petróleo, 2716
 Reflejo condicionado, 2718
 Reflexión, 2720
 Refracción, 2722
 Refrigeración, 2724
 Refugio antiatómico, 2726
 Regadío, sistemas de, 2728
 Regeneración biológica, 2730
 Regulación biológica, 2732
 Relación, correspondencia y aplicación, 2734
 Relación de equivalencia, 2738
 Relación de orden, 2740
 Relatividad, teoría general de la, 2742
 Relatividad Restringida ($E = mc^2$), 2750
 Reloj, 2752
 Reloj atómico, 2754
 Reloj de sol, 2756
 Reproducción, 2758
 Reptiles, 2760
- Resfriado, 2764
 Residuos, eliminación de, 2766
 Residuos radiactivos, 2768
 Resonancia, 2772
 Respiración, 2774
 Rh, factor, 2776
 Riñón, 2778
 Río, 2780
 Robótica, 2784
 Rocas, 2786
 Rocas magmáticas, 2788
 Rocas metamórficas, 2790
 Rocas sedimentarias, 2792
 Rotativa, 2796
 Rozamiento, fuerzas de, 2798
 Rueda, 2800
- S**abana, 2802
 Sacarina y otros edulcorantes, 2806
 Sal común, 2808
 Sales, 2810
 Sangre y grupos sanguíneos, 2812
 Sarampión, 2814
 Satélite artificial, 2816
 Satélite de reconocimiento, 2820
 Satélite destructor, 2822
 Satélite meteorológico, 2824
 Saturno, 2826
 Secador de pelo, 2830
 Seda, 2832
 Seguridad, sistemas de, 2836
 Seguridad industrial, 2838
 Selección natural, 2840
 Sellos y franqueo, 2844
 Semiconductor, 2846
 Semilla, 2848
 Series, 2850
 Setas, 2854
 Sexo y diferenciación sexual, 2858
 Sextante, 2860
 Shock, 2862
 Sierra mecánica, 2864
 Silenciador, 2866
 Silicio, 2868
 Silicona, 2870
 Silo, 2872
 Silúrico, período, 2874
 Silvicultura, 2876
 Síntesis de proteínas, 2878
 Sintetizador, 2880
 Sirena, 2882
 Sismógrafo, 2884
- Sistema de numeración, 2886
 Sistema de unidades, 2888
 Sistema solar, 2890
 Sistemas, teoría de, 2896
 Skylab, 2900
 Sociobiología, 2902
 Sodio, 2904
 Sodio, nitrato y nitrito de, 2906
 Soja, 2908
 Sol, 2910
 Soldadura, 2914
 Sonar, 2918
 Sonda espacial, 2920
 Sonido, 2924
 Sonora, banda, 2928
Stegosaurus, 2930
 Submarinismo, 2932
 Submarino, 2934
 Subnormalidad, 2938
 Suelo, 2940
 Superconductor, 2944
 Superfluido, 2946
- T**abaco, 2948
 Tabla periódica de elementos, 2950
 Tacto, 2954
 Taladro y perforadora, 2956
 Talla en madera, 2958
 Taller mecánico, 2960
 Tarjeta de crédito, 2964
 Tarjeta perforada, 2966
 Taxidermia, 2968
 Taxímetro, 2970
 Té, 2972
 Tecnología orbital, 2974
 Tectónica, 2976
 Tejidos, 2982
 Tejidos, fabricación de, 2984
 Tejidos biológicos, 2986
 Telar, 2988
 Telar de Jacquard, 2990
 Telecomunicaciones militares, 2992
 Teledetección, 2994
 Teléfono, 2998
 Telégrafo, 3002
 Telemática, 3004
 Telescopio y radiotelescopio, 3008
 Telescopio para aficionados, 3010
 Teletipo, 3012
 Televisión, 3014
 Télex, 3018

Temperatura y escalas
termométricas, 3020
Tensión superficial, 3022
Teoría cuántica de la luz, 3024
Teoría de juegos, 3028
Teoría de la decisión, 3030
Teoría de números, 3032
Teoría de semejanza física, 3034
Teratógenos, agentes, 3036
Termo, 3038
Termodinámica, 3040
Termoelectricidad, 3044
Termografía, 3046
Termómetro, 3048
Termorregulación biológica, 3050
Termostato, 3052
Terpeno, 3054
Terremoto, 3056
Tests psicológicos, 3060
Testosterona, 3062
Tétanos, 3064
Tiburón, 3066
Tiempo, 3068
Tiempo astronómico, 3070
Tiempo atmosférico, 3072
Tierra, 3074
Tifoideas, fiebres, 3080
Timón, 3082
Tinta, 3084
Tiranosauro, 3086
Tiroides, 3088
Titanio, 3090
Titulación química, 3092
Tocadiscos, 3094
Tolueno y xileno, 3096
Toma de tierra, 3098
Tomografía axial computadorizada
(TAC), 3100
Topografía, 3102
Topología, 3104
Torio, 3108
Tormenta, 3110
Tornado, 3112
Tornillos y roscas, 3114
Torno, 3116
Torpedo y otras armas
subacuáticas, 3118
Tostador de pan, 3120
Toxicología, 3122
Tox infecciones alimentarias, 3126
Tractor, 3128
Tráfico, control del, 3130
Tráfico aéreo, control del, 3132
Trampas, 3134
Transbordador, 3138

Transbordador espacial, 3140
Transductor, 3144
Transfer, máquina, 3146
Transformador, 3148
Transfusión sanguínea, 3150
Transistor, 3152
Transmisión hidráulica, 3154
Transporte marítimo, 3156
Transportes especiales y pesados,
3158
Transuránicos, elementos, 3162
Trasplante de órganos, 3164
Tratamientos térmicos, 3168
Tren de laminación, 3170
Triásico, período, 3174
Triceratops, 3176
Trigo, 3178
Trigonometría, 3180
Tubo de rayos catódicos, 3182
Tubo neumático para reparto, 3184
Tubos de descarga, 3186
Tumor, 3188
Túnel aerodinámico, 3192
Túneles y galerías, 3194
Turbina de gas, 3196
Turbina de vapor, 3198
Turbina hidráulica, 3200

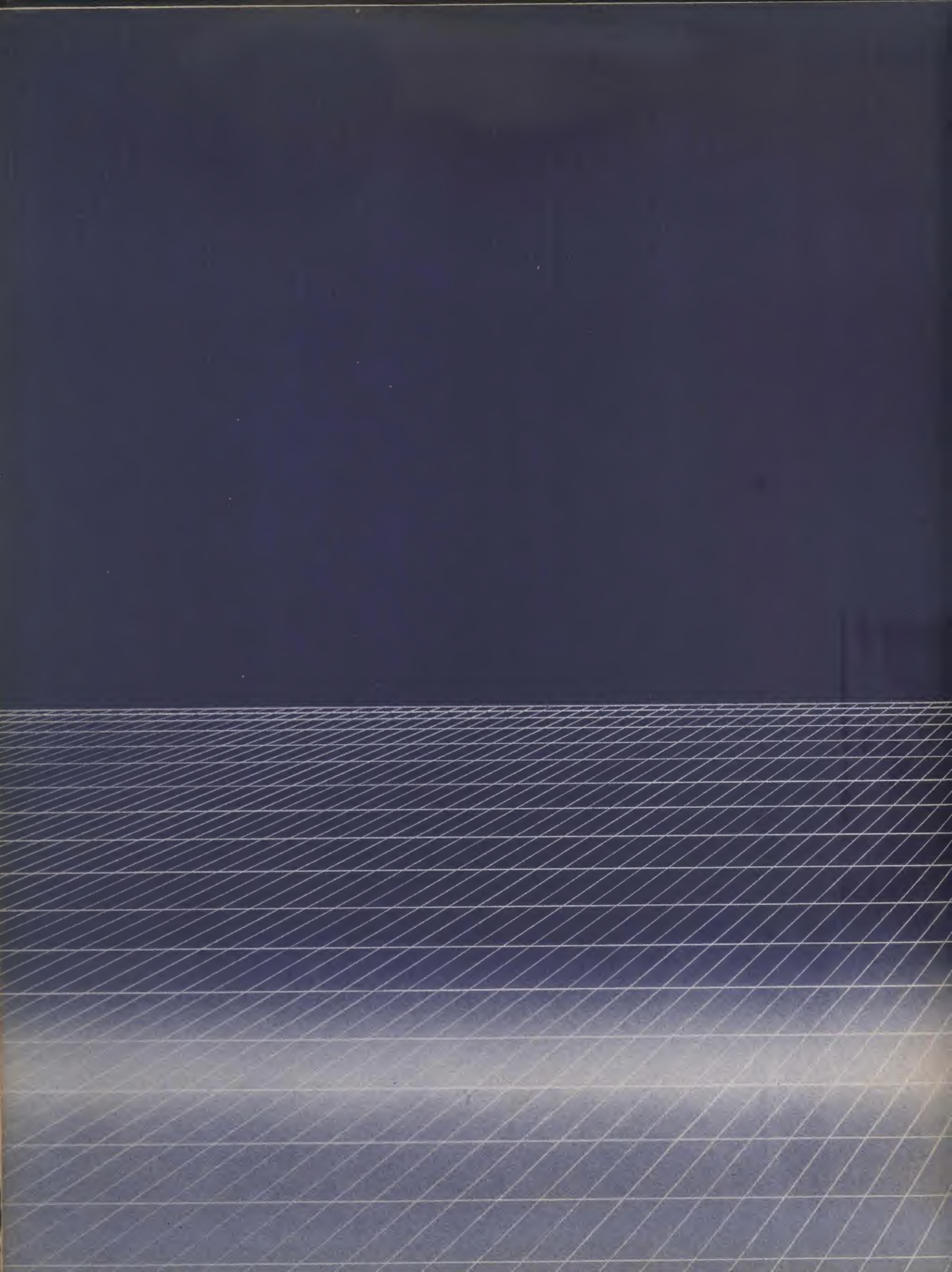
Ulcera, 3202
Ultrasonidos, 3204
Ultravioleta, radiación, 3206
Unión Josephson, 3208
Universo, 3210
Universo, expansión del, 3214
Universo, origen del, 3216
Uranio, 3222
Urano, 3224
Urinario, aparato, 3226

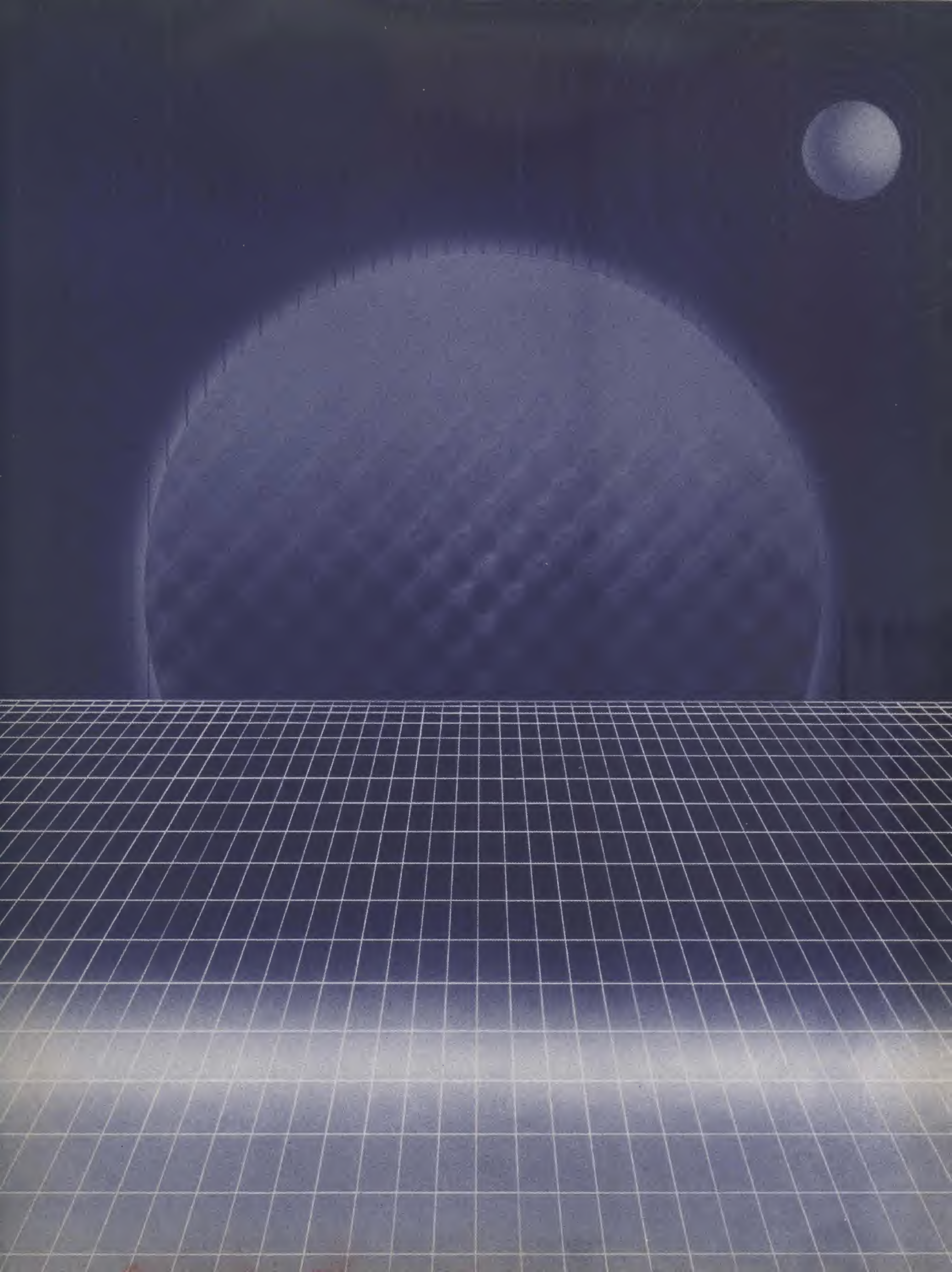
Vacío, 3228
Vacío, tecnología del, 3232
Vacunación, 3234
Vanadio, niobio y tantalio, 3236
Vapor y tensión de vapor, 3238
Vegetación, mapa de, 3240
Vehículo anfibio, 3246
Vehículo de desembarco, 3248
Vejez y envejecimiento, 3250
Ventilación, 3252

Venus, 3254
Vertebrados, 3258
Veterinaria, 3262
Vía Láctea, 3266
Vid, 3270
Vida, origen de la, 3272
Video y cinta de video, 3278
Videodisco, 3282
Vidrio, 3286
Viento, 3290
Vigas, 3292
Vigas en celosía, 3294
Viking, 3296
Vino, fabricación del, 3298
Virus, 3302
Viscosidad, 3306
Visión, 3308
Visualizadores digitales, 3312
Vitaminas, 3314
Volcán, 3318
Vuelo, mecanismos de control,
3324
Vuelo, principios del, 3326
Vuelo con energía humana, 3328
Vuelo supersónico, 3330

Walkie-talkie, 3334
Wolframio, 3336

Zootecnia, 3338

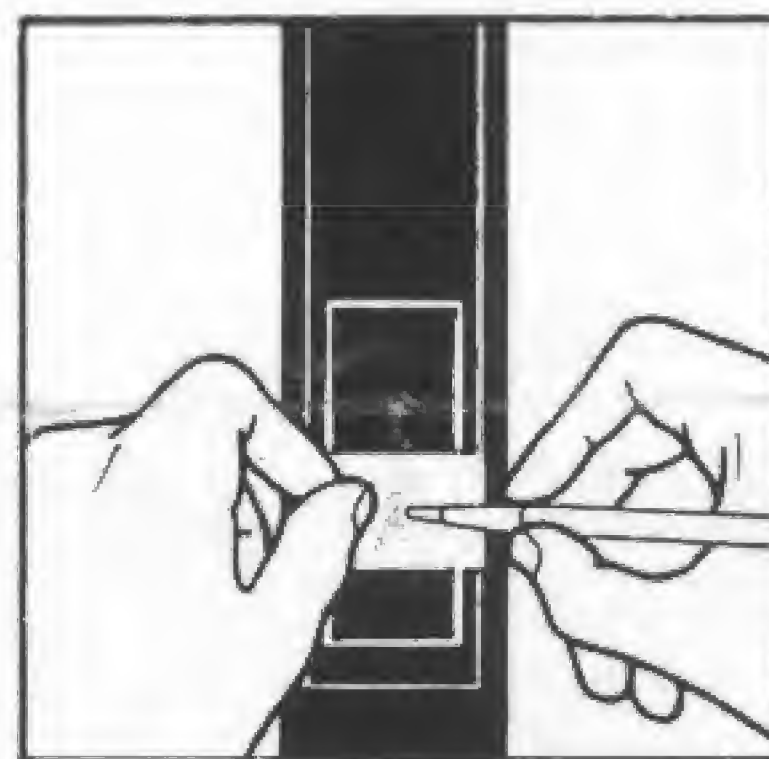
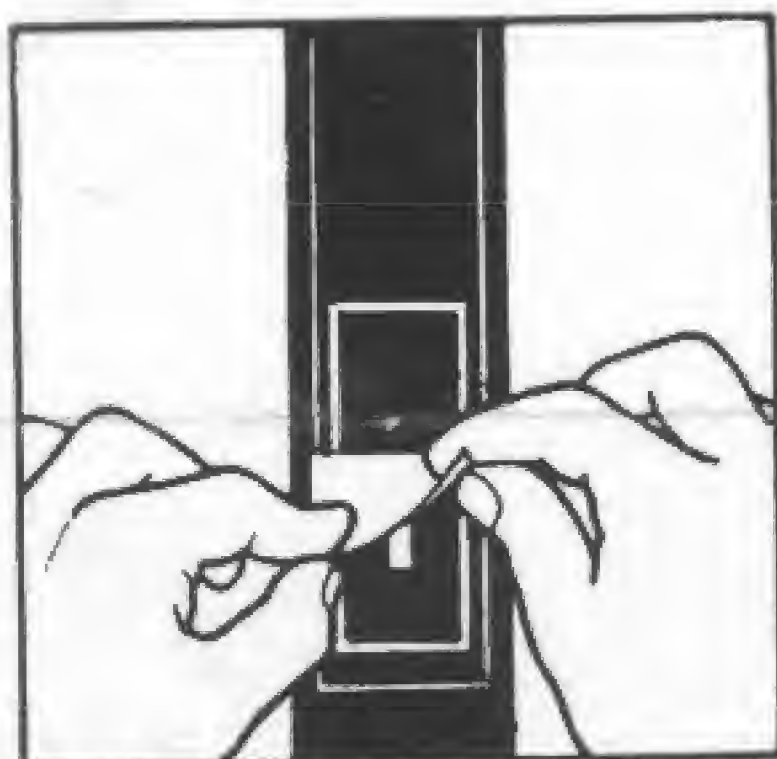




Instrucciones para numerar los tomos

Dispone usted de una tira de adhesivos que comprende los números destinados a los tomos de la colección. Cada tira lleva varias cifras, si bien usted sólo necesita una de ellas para numerar cada tomo.

Por lo tanto, le aconsejamos que haga una prueba sobre un papel con alguno de los números que no necesita. Así podrá comprobar la sencillez del procedimiento y será luego capaz de realizar la operación con toda seguridad.



1. Quite el papel que protege el adhesivo. Coloque el adhesivo del derecho, pues el número debe leerse directamente.

2. Frote ligeramente al tiempo que ejerce una leve presión sobre la totalidad del número (como si tratara de borrarlo) con la punta de un bolígrafo.

3. Retire con suavidad el soporte; la cifra debe quedar adherida al tomo. Póngale encima el papel de protección y frote



con un objeto pulido y redondeado (el capuchón de un bolígrafo, por ejemplo) de modo que el número transferido se adhiera por completo.

1

ABACO
ARBOL

2

ARCO
BIOLOGIA

3

BIOLUMI-
NISCENCIA
CIRUGIA

4

CIRUGIA
DETECTOR

5

DETERGENTE
ESQUI

6

ESTADISTICA
GEMOLOGIA

7

GEN
INGENIERIA



8

INGENIERIA
MAPA

9

MAPAS
MOTOR

10

MOTOR
PELO

11

PERCEPCION
RADIO

12

RADIO
SOJA

13

SOL
TRANSFUSION
SANGUINEA

14

TRANSISTOR
ZOOTECNIA
INDICE

8

INGENIERIA
MAPA

9

MAPAS
MOTOR

10

MOTOR
PELO

11

PERCEPCION
RADIO

12

RADIO
SOJA

13

SOL
TRANSFUSION
SANGUINEA

14

TRANSISTOR
ZOOTECNIA
ÍNDICE



INGENIERIA
GEN

7

ESTADISTICA
GEMOLOGIA

6

DETERGENTE
ESQUÍ

5

CIRUGIA
DETECTOR

4

BIOLUMI-
NISCENCIA-
CIRUGIA

3

ARCO
BIOLOGIA

2

ABACO
ARBOL

1